



การบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ, *Penaeus monodon* Fabricius, โดยใช้สาหร่าย
พืชน้ำ *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia.



อภิญญา แก้วมณีศรี

อภิญญา แก้วมณีศรี
จาก

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. ๒๕๔๔

ISBN 974-665-560-4

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

๐๗
๐๕๑๔๗
๕๕๕๔

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ, *Penaeus monodon* Fabricius ,โดยใช้สาหร่าย

พืชน้ำ *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott) Abbott ,Zhang & Xia.

ผู้จัดทำ แก้วฟ้า ศรี.....

นางสาวอัญญา แก้วฟ้าศรี
ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อูษณีย์ อุยะเสถียร
วศ.ม.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำลอง อรุณเลิศอารีย์
Ph.D.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ล้อมล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เรวัติ โรจนกานนท์

วท.ม.

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ, *Penaeus monodon* Fabricius, โดยใช้สาหร่าย

พมนาง *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia.

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

วันที่ 3 เมษายน พ.ศ.2544

.....
ผู้ตรวจฯ แก้วฟ้าศรี

นางสาวอจรรีญา แก้วมีศรี

ผู้วิจัย

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อูษณีย์ อุยะเสถียร วศ.ม.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
นายคัสิต ตันวิไลย วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำลอง อรุณเลิศอารีย์ Ph.D.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงสำลี Ph.D.

คณบดี

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุษณีย์ อุยะเสถียร ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ที่ช่วยแนะนำแนวคิดของวิทยานิพนธ์และดูแลเอาใจใส่ในรายละเอียดทุกเรื่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำลอง อรุณเลิศอารีย์ และคุณดุสิต ดันวิไลย นักวิชาการประมง 7 ศูนย์พัฒนาประมงชายฝั่งทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออกที่กรุณาแนะนำข้อคิดเห็นและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอดรวมถึงคุณวิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์ นักวิชาการประมง 7 ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดจันทบุรี ที่กรุณาแนะนำให้ความรู้เรื่องการเลี้ยงสาหร่าย

ขอขอบคุณ คุณชานินทร์ สมะลาภา ที่กรุณาสับสนุนการวิจัยทั้งในด้านสถานที่ พันธุ์สาหร่าย อุปกรณ์และสารเคมี ซึ่งถ้าขาดสิ่งเหล่านี้แล้วการทดลองคงสำเร็จได้ยาก

ขอขอบคุณ คุณปัญญา อัสวางกูร หัวหน้าสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดระยอง ที่กรุณาให้ใช้สถานที่ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คุณลดาวัลย์ วนโกสุม นักวิชาการประมง 6 ที่คอยดูแลแนะนำและให้คำปรึกษาในรายละเอียดของการทดลองนี้ รวมถึงเจ้าหน้าที่ของสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดระยองที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกคนในฟาร์มที่คอยดูแล ติดตาม จัดตารางการเปลี่ยนถ่ายน้ำให้เป็นพิเศษ และช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลในการทำการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณธิปพล กาญจนนิต และเพื่อนๆ ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้คำปรึกษาและแนะนำในการแก้ปัญหาตลอดมาตั้งแต่ต้นจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้จบได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยดูแลให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยในทุกๆเรื่องแก่ผู้วิจัยจนผู้วิจัยสำเร็จการศึกษา

อัจฉริยา แก้วมีศรี

3937177 ENTM/M : สาขาวิชา : เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม ;

วท.ม. (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ : การบำบัดน้ำเสีย / กุ้งกุลาดำ / สาหร่ายพมวง

อภิญญา แก้วมีศรี : การบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ, *Penaeus monodon* Fabricius, โดยใช้สาหร่ายพมวง *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia. (THE TREATMENT OF WASTEWATER FROM *PENAEUS MONODON* FARMING BY THE AGAROPHYTE, *GRACILARIA FISHERI* (XIA & ABBOTT) ABBOTT, ZHANG & XIA. คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : อุษณีย์ อุยะเสถียร, วศ.ม., จักรกมล อรุณเลิศอารีย์, Ph.D., 122 หน้า. ISBN 974-665-560-4

การศึกษาเรื่องการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้สาหร่ายพมวง *Gracilaria fisheri* ในครั้งนี้เป็นการทดลองในพื้นที่จริง แบ่งการศึกษาเป็น 2 ตอนคือตอนที่ 1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองขนาด 1,600 ตารางเมตรที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่ายพมวง เก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำทุก 6 ชั่วโมงเป็นเวลา 66 ชั่วโมง และศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, ออร์โธฟอสเฟตและค่าบีโอดีของการทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่ายพมวง โดยในการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายจะเลี้ยงสาหร่าย 1,500 กรัมในแผงตาข่ายพลาสติกขนาด 3 ตารางเมตรจำนวน 80 แผง และตอนที่ 2 ศึกษาผลผลิตและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายพมวงที่เลี้ยงในบ่อรับน้ำเสียทุก 2 สัปดาห์และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำทุกสัปดาห์เป็นเวลารวมทั้งหมด 8 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายพมวงในบ่อรับน้ำเสียสามารถลดปริมาณแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ออร์โธฟอสเฟตและบีโอดีได้เมื่อมีระยะเวลาเก็บน้ำเสีย 1 วัน และมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อมีระยะเวลากักเก็บ 2 วัน สำหรับการทดลองเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 2 ครั้งค่าประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ออร์โธฟอสเฟตและบีโอดีเมื่อมีระยะเวลากักเก็บ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.23%, 10.45%, 16.10%, 32.18% และ 21.88% ตามลำดับ สำหรับการเลี้ยงสาหร่ายในบ่อรับน้ำเสียเป็นเวลา 8 สัปดาห์พบว่าสาหร่ายมีน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้น 120.00 kg เป็น 430.99 kg ในสัปดาห์สุดท้าย โดยมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะระหว่าง 15.81% – 24.76% และมีประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ออร์โธฟอสเฟตและบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 45.65%, 23.40%, 11.10%, 17.55% และ 24.27% ตามลำดับ จากการทดลองในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงสาหร่ายพมวงสามารถลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้

3937177 ENTM/M : MAJOR : TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT;
M.Sc. (TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT)

KEY WORDS : WASTEWATER TREATMENT / *PENAEUS MONODON* / *GRACILARIA FISHERI*.

ACHAREEYA KAEWMESRI :THE TREATMENT OF WASTEWATER FROM
PENAEUS MONODON FARMING BY THE AGAROPHYTE , *GRACILARIA FISHERI* . (XIA
&ABBOTT) ABBOTT, ZHANG & XIA. THESIS ADVISORS : USANEE UYASATIAN ,
M.Eng., CHAMLONG ARUNLERTAREE , Ph.D., 122 P. ISBN 974-665-560-4

The objective of this research is to investigate the treatment of wastewater from *Penaeus monodon* pond effluent by *Gracilaria fisheri* .This experiment on a farm was divided into two parts. The first part of the experiment was to determine the changes in wastewater qualities in the experimental pond (1,600 m²) with and without *Gracilaria fisheri*.. Samples of wastewater were taken and analyzed every 6 hours for 66 hours and the reduction efficiencies of ammonia-nitrogen , nitrite-nitrogen , nitrate-nitrogen , orthophosphate and BOD were calculated . 1,500 g of *Gracilaria fisheri* were placed in one set of 3 m² plastic net and 80 sets were fixed in the experimental pond.The second part of the experiment was to determine the productivity and growth rate of *Gracilaria fisheri* in the experimental pond of wastewater from the *Penaeus monodon* culture every 2 weeks and study the changes in wastewater qualities once a week for 8 weeks.

The results showed that the experimental pond with *Gracilaria fisheri* could reduce ammonia - nitrogen , nitrite - nitrogen , nitrate – nitrogen , orthophosphate and BOD at the retention time of 1 day . Furthermore , the reduction efficiencies had increased when the retention time was 2 days. From the 2 experiments using *Gracilaria fisheri* with 2 days retention time , the reduction efficiencies of ammonia-nitrogen , nitrite- nitrogen , nitrate- nitrogen , orthophosphate and BOD were 33.23%, 10.45%, 16.10%, 32.18% and 21.88% , respectively. The treatment of wastewater from the *Penaeus monodon* pond by *Gracilaria fisheri* during the 8 weeks showed that the total weight of *Gracilaria fisheri* had increased from the initial weight of 120.00 kg to 430.99 kg in the last week. The specific growth rate was between 15.81-24.76% and the average reduction efficiencies of ammonia-nitrogen , nitrite- nitrogen , nitrate- nitrogen , orthophosphate and BOD were 45.65%, 23.40%, 11.10%, 17.55% and 24.27% , respectively.

The results of this research suggest that *Gracilaria fisheri* should be used to reduce the nutrients in wastewater from *Penaeus monodon* farming.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
1.4 ขอบเขตการวิจัย	6
1.5 สมมุติฐานการทดลอง	7
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 สิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตกุ้งกุลาดำ	8
2.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำและบ่อเลี้ยง	12
2.3 ลักษณะน้ำทิ้งจากการทำนากุ้ง	14
2.4 การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา	22
2.5 ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายพมนาง	26
2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย	28
2.7 ประโยชน์ของสาหร่าย	30
2.8 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การออกแบบการวิจัย	39
3.2 สถานที่ทำการทดลอง	41
3.3 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	41
3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์	41
3.5 วิธีดำเนินการวิจัย	42
3.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	46
 บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	
4.1 คุณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียในบ่อดักตะกอนที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นเวลา 2 วัน	48
4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดักตะกอนที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่ายพวงมาลัย	
4.2.1 อุณหภูมิ (Temperature)	51
4.2.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	53
4.2.3 ความเค็ม (Salinity)	54
4.2.4 ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity)	55
4.2.5 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)	57
4.2.6 ค่าความโปร่งใสของน้ำ (Transparency)	60
4.2.7 ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ	61
4.3 ค่าความเข้มของแสง (Light Intensity)	62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจน	
4.4.1 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน	62
4.4.2 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดไนไตรท์-ไนโตรเจน	65
4.4.3 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดไนเตรท-ไนโตรเจน	68
4.5 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดปริมาณออร์โธฟอสเฟต	70
4.6 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดปริมาณบีโอดี (BOD)	72
4.7 คุณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกก่อนและ หลังการบำบัดโดยใช้สาหร่ายพม nang ในระยะเวลา 8 สัปดาห์	74
4.8 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนของน้ำเสียจากการ เลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกโดยใช้สาหร่ายพม nang ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวของ น้ำเสีย 2 วัน	
4.8.1 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$)	75
4.8.2 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$)	77
4.8.3 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$)	78
4.9 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณออร์โธฟอสเฟต ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) ของน้ำเสีย จากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกโดยใช้สาหร่ายพม nang ที่ระยะเวลา เก็บเกี่ยวของน้ำเสีย 2 วัน	79
4.10 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณบีโอดีของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อ ทดลองโดยใช้สาหร่ายพม nang ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวของน้ำเสีย 2 วัน	80
4.11 น้ำหนักของสาหร่ายพม nang <i>Gracilaria fisheri</i> ที่เลี้ยงในบ่อดอก เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	81
4.12 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพม nang ที่เลี้ยงในบ่อ ทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	84

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	86
5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย	88
5.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป	89
รายการอ้างอิง	90
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ข้อมูลคุณภาพน้ำ	97
ประวัติผู้วิจัย	122

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ผลผลิตและมูลค่าผลผลิตของกุ้งทะเล	1
1.2 จำนวนผู้เพาะเลี้ยงและเนื้อที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล	2
2.1 คุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	16
2.2 คุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งของสมาพันธ์ฟาร์ม ในเดือนกันยายน และตุลาคม พ.ศ.2541(ที่มีระยะเวลาการเลี้ยงเดือนที่3ถึงเดือนที่4)	17
2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	17
2.4 ร่างเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	19
2.5 คุณภาพน้ำทะเลในบ่อพักน้ำก่อนนำไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งของสมาพันธ์ฟาร์ม ในเดือนสิงหาคม - พฤศจิกายน พ.ศ.2541	20
4.1 คุณลักษณะของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองในวันที่ 1และวันที่ 3 ของการทดลองทั้ง 3 ครั้งและมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	50
4.2 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำเสียในแต่ละวัน ในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	52
4.3 ค่าเฉลี่ยของค่า pHของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	54
4.4 ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำเสียในแต่ละวัน ในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	57
4.5 ค่าเฉลี่ยของค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) ของน้ำเสียในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	58
4.6 ค่าเฉลี่ยของค่าความโปร่งใสของน้ำ (Transparency) ของน้ำเสียในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อบำบัดที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	64
4.8 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพในการลดค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อบำบัดที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	67
4.9 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพในการลดค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อบำบัดที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	69
4.10 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพในการลดค่าออร์โธฟอสเฟต ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อบำบัดที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	71
4.11 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อบำบัดที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	73
4.12 คุณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อบำบัดก่อนและหลังบำบัด โดยใช้สาหร่ายพมวง ที่มีระยะเวลาเก็บน้ำเสีย 2 วัน ในระยะเวลา รวม 8 สัปดาห์	74

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ปฏิกริยา Photosynthetic-Oxygenation	4
1.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
2.1 วงชีวิตของสาหร่ายสกุล <i>Gracilaria</i>	26
2.2 สาหร่ายผสมนาง <i>Gracilaria fisheri</i>	27
3.1 แผนการทดลองในการทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนางเพื่อบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	40
3.2 รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างและบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายผสมนาง	43
3.3 รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างและบ่อทดลองที่ไม่เลี้ยงสาหร่ายผสมนาง	43
4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	51
4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	53
4.3 การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	55
4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	56
4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายในน้ำของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	58
4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าความโปร่งใสของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	60
4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	63

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) ของน้ำเสียจากการเลี้ยง กุ้งกุลาดำในบ่อบำบัดที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	66
4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียจากการเลี้ยง กุ้งกุลาดำในบ่อบำบัดที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	68
4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ของน้ำเสียจากการเลี้ยง กุ้งกุลาดำในบ่อบำบัดที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	70
4.11 การเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในบ่อบำบัดที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย	72
4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียจาก การเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เข้าและออกจากบ่อบำบัดโดยมีระยะเวลาพักเก็บ 2 วันใน ระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์	76
4.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) ของน้ำเสียจากการ เลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เข้าและออกจากบ่อบำบัดโดยมีระยะเวลาพักเก็บ 2 วันใน ระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์	77
4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียจากการ เลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เข้าและออกจากบ่อบำบัดโดยมีระยะเวลาพักเก็บ 2 วันใน ระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์	78
4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ของน้ำเสียจากการเลี้ยง กุ้งกุลาดำที่เข้าและออกจากบ่อบำบัดโดยมีระยะเวลาพักเก็บ 2 วันใน ระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์	79
4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีโอดีของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เข้าและออก จากบ่อบำบัดโดยมีระยะเวลาพักเก็บ 2 วันในระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์	80

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17 นำหนักรวมของสาหร่ายผสมนางในแต่ละแถวในสัปดาห์ที่ 8	82
4.18 นำหนักรวมของสาหร่ายผสมนางที่เลี้ยงในบ่อทดลองในแต่ละสัปดาห์	83
4.19 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายผสมนางที่เลี้ยงในบ่อทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์	84



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นจำนวนมากและมีปริมาณเพียงพอที่จะส่งเป็นสินค้าออกที่สำคัญของประเทศ กุ้งทะเลเป็นสัตว์น้ำที่สำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นที่นิยมบริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ ผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงประมาณร้อยละ 90 เป็นการผลิตเพื่อการส่งออก (1) การเลี้ยงกุ้งมีการขยายตัวและมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสามารถควบคุมปัจจัยการผลิตและกรรมวิธีทำให้ผลผลิตกุ้งมีมูลค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องจากปี พ.ศ.2531 มีผลผลิตกุ้งทะเล 55,636.84 ตันมูลค่า 7,900.60 ล้านบาทไปเป็น 224,836.08 ตันมูลค่า 37,758.34 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2539 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ผลผลิตและมูลค่าผลผลิตของกุ้งทะเลของประเทศไทย

ปี	ผลผลิต (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2531	55,636.84	7,900.60
2532	93,494.50	11,072.19
2533	118,227.05	14,365.36
2534	162,069.69	19,834.11
2535	184,884.32	25,500.14
2536	225,514.30	32,425.34
2537	263,445.96	39,845.25
2538	259,540.53	39,544.65
2539	224,836.08	37,758.34

ที่มา : เรียบเรียงจากสถิติการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ปี พ.ศ. 2539 (1)

เมื่อความต้องการของตลาดมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง วิธีการเลี้ยงกุ้งทะเลได้เปลี่ยนจากการเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนาไปเป็นการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาซึ่งเป็นการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นโดยใช้ลูกกุ้งจากโรงเพาะฟัก และจำกัดพื้นที่บ่อให้มีขนาดเล็กลงคือมีขนาดประมาณ 5 - 10 ไร่ ใช้เทคโนโลยีการเลี้ยงสมัยใหม่ตลอดจนมีการจัดการบ่อเลี้ยงที่ดี การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาได้แพร่ขยายอย่างรวดเร็วตามแนวพื้นที่ชายฝั่งทะเลและพื้นที่ใกล้เคียงรวม 25 จังหวัด หนาแน่นมากในภาคใต้และภาคตะวันออก โดยมีผู้ประกอบการและพื้นที่เพาะเลี้ยงเพิ่มมากขึ้นจาก 10,246 ราย พื้นที่ 342,364 ไร่ในปี พ.ศ. 2531 ไปเป็น 22,913 ราย 434,148 ไร่ ในปีพ.ศ. 2539 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 จำนวนผู้เพาะเลี้ยงและเนื้อที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

ปี	จำนวนผู้เพาะเลี้ยง (ราย)	เนื้อที่เพาะเลี้ยง (ไร่)
2531	10,246	342,364
2532	12,545	444,785
2533	15,072	403,787
2534	18,998	470,826
2535	19,403	454,975
2536	20,027	449,292
2537	22,198	457,793
2538	26,145	468,386
2539	22,913	434,148

ที่มา : เรียบเรียงจากสถิติการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ปี พ.ศ. 2539 (1)

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปัญหาเกี่ยวกับความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพน้ำในบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเช่นบริเวณชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรมเนื่องจากการขยายพื้นที่การเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายแต่ศักยภาพการรองรับของเสียจากการเพาะเลี้ยงมีจำกัดจึงเกิดปัญหาคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยง (2) เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปจะมีอาหารเพียงส่วนใหญ่นั้นที่กุ้งใช้ในการเจริญเติบโต แต่ส่วนที่เหลือจะตกค้างอยู่ในน้ำและพื้นบ่อทำให้ตะกอนดินและน้ำเน่าเสียรวมกับของเสียที่ถูกขับถ่ายจากกุ้งเอง (3) เมื่อน้ำในบ่อเลี้ยงมี

คุณภาพเสื่อมลงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง เกษตรกรจะถ่ายน้ำในบ่อออกไปภายนอก และนำน้ำใหม่ที่คุณภาพดีกว่าเข้ามาใช้ในบ่อแทน ผลกระทบจากการปล่อยน้ำเสียลงสู่สิ่งแวดล้อม คือมีการปนเปื้อนของสารเคมี ธาตุอาหาร และการลดลงของออกซิเจนซึ่งมีผลต่อความสมบูรณ์และความสมดุลของระบบนิเวศ คุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในทางที่เสื่อมลงจะมีผลทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถปรับตัวได้ทัน มีอาการผิดปกติ มีการเจริญเติบโตลดลง อ่อนแอ และก่อให้เกิดการติดเชื้อจนเกิดโรคได้ทำให้อัตราการตายสูงขึ้นตามไปด้วย จึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงกุ้ง ก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาตินอกจากเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงกุ้งแล้ว ยังเป็นการรักษา ระบบนิเวศและสภาพแวดล้อมในพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงอีกด้วย (4)

สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคลอโรพลาสต์สามารถสังเคราะห์แสงได้ ซึ่งในการสังเคราะห์แสงจะผลิตออกซิเจนสู่ภายนอก (5) และสาหร่ายจะใช้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสีย เช่น แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และ ฟอสเฟต ในการเจริญเติบโตด้วย มีการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในหลาย ๆ ด้าน เช่น ใช้ Single - cell protein เป็นอาหารเสริมสำหรับมนุษย์และเป็นอาหารสัตว์ มีการใช้คาร์โบไฮเดรตจากสาหร่ายในการผลิตอาหารและยา จะเห็นได้ว่าสาหร่ายเป็นแหล่งอาหารที่ราคาถูกและน่าสนใจอย่างยิ่ง

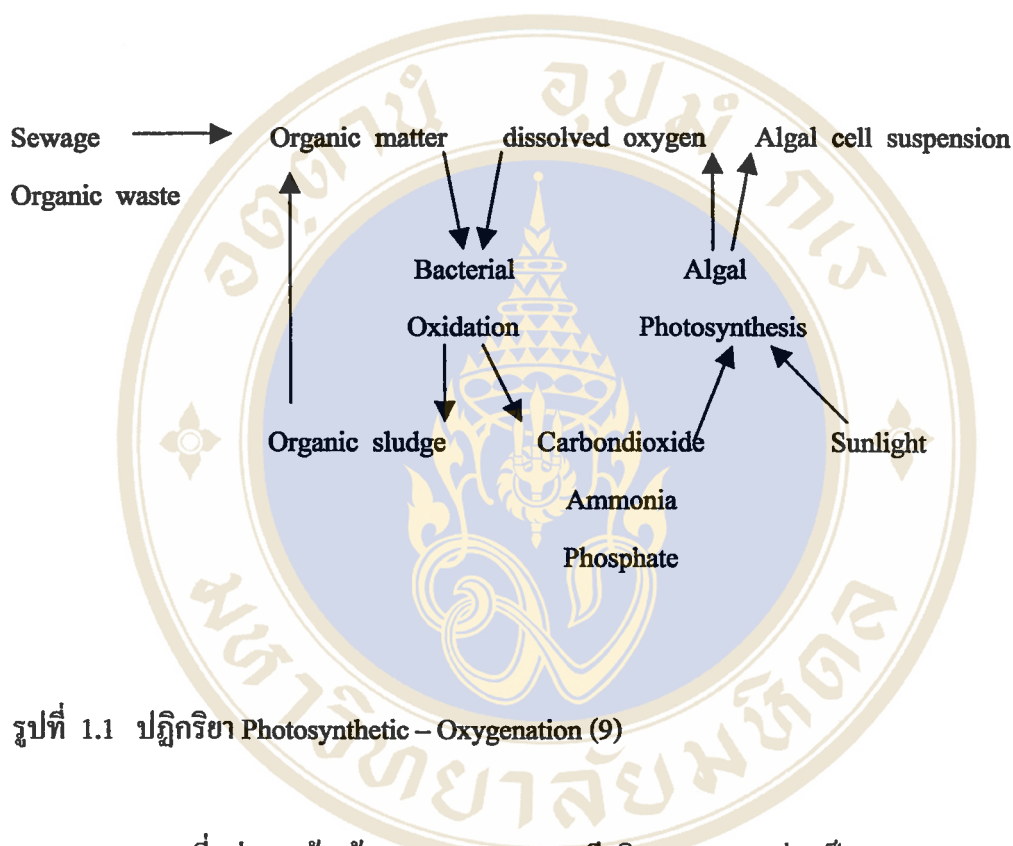
สาหร่ายพมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นสาหร่ายสีแดง พบมากทางภาคใต้ของประเทศ สามารถนำมาทำเป็นอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ นิยมมาใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดวุ้นและสามารถใช้เป็นปุ๋ยได้ (6)

ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมากขึ้น เนื่องจากใช้งบประมาณในการลงทุนค่อนข้างต่ำ ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานจำนวนมาก และในด้านการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นความต้องการของตลาดยังมีปริมาณมากและหลากหลายทั้งด้านอาหาร เกษตรกรรมและบางส่วนของอุตสาหกรรมด้วย

ปริมาณสาหร่ายที่ผลิตได้ภายในประเทศยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดต้องมีการนำเข้าสาหร่ายจากต่างประเทศ จะเห็นได้จากปริมาณการส่งออกสาหร่ายในปี พ.ศ. 2538 มีมูลค่าประมาณ 51,517,000 บาท ขณะที่ปริมาณนำเข้ามีค่าสูงถึง 423,713,000 บาท (7)

ในด้านการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สาหร่ายจะช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำเสีย โดยจะช่วยลดปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ในน้ำเสีย เช่น แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และฟอสเฟต ซึ่งสารอาหารเหล่านี้จะถูกสาหร่ายใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากสารอาหารเหล่านี้แล้วสาหร่ายยังต้องการธาตุอาหารเสริมในน้ำเสียอีกด้วย (8) ในบ่อน้ำเสียที่มีแสง และสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย จะมีการบำบัดน้ำโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในธรรมชาติร่วมกับสาหร่ายด้วย โดยจะเกิดปฏิกิริยา Photosynthetic oxygenation โดยมีปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องถึง 2 ปฏิกิริยาคือ ปฏิกิริยา

การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยแบคทีเรียเพื่อจะลดปริมาณธาตุอาหาร สารประกอบพวกไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็น แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท หรือก๊าซ ไนโตรเจน โดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันโดยแบคทีเรีย หลังจากนั้นสาหร่ายจะใช้ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรทและฟอสเฟตในการเจริญเติบโตและผลิตก๊าซออกซิเจนออกมาด้วย(9) ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ปฏิกิริยา Photosynthetic – Oxygenation (9)

จากที่กล่าวมาข้างต้น กระบวนการทางชีววิทยาของสาหร่ายเป็นกระบวนการที่มีบทบาทที่สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นยังสามารถนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นควบคู่กันไปเพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า จึงควรมีการศึกษาถึงการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนางในบ่อดินที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพื่อใช้เป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อไป

1.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

น้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะประกอบไปด้วยธาตุอาหารต่าง ๆ เช่น แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต เมื่อนำน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งมาใช้เลี้ยงสาหร่าย สาหร่ายจะใช้ธาตุอาหารในน้ำในการเจริญเติบโต น้ำเสียนั้นจะมีปริมาณธาตุอาหารลดลงทำให้คุณภาพของน้ำดีขึ้นและเป็นการเพิ่มผลผลิตของสาหร่ายไปอีกทางด้วย กรอบแนวคิดในการวิจัยแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อรับน้ำเสียที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายพมนาง โดยทำการทดลองในพื้นที่จริง

1.3.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน, ออร์โธฟอสเฟตและบีโอดีในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของการทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

1.3.3 เพื่อศึกษาผลผลิตและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพมนางที่เลี้ยงในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นเวลา 8 สัปดาห์

1.4 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองในบ่อรับน้ำเสียขนาด 1,600 ตารางเมตรที่รับน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (ที่เลี้ยงกุ้งด้วยความหนาแน่น 150,000 ตัวต่อบ่อขนาด 4 ไร่) ทำการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* ด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร โดยเลี้ยงสาหร่าย 1,500 กรัมในแพงด้ายพลาสติกสีดำขนาด 3 ตารางเมตร จำนวนทั้งหมด 80 แพง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยมีการศึกษาดังนี้

1.4.1 ด้านคุณภาพน้ำ ทำการศึกษาวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่าง ความโปร่งใสของน้ำ ค่าความเป็นด่างของน้ำ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต และค่าบีโอดี โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อที่มีการเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* และน้ำเสียในบ่อที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายพมนาง โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังจากที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งไปแล้วทุกๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลาทั้งหมด 66 ชั่วโมง

1.4.2 ด้านผลผลิตของสาหร่าย ศึกษาผลผลิตของสาหร่ายโดยชั่งน้ำหนักสดและเก็บข้อมูลน้ำหนักของสาหร่ายทุกๆ 2 สัปดาห์ เพื่อหาผลผลิตและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายเป็นเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์

1.5 สมมุติฐานการทดลอง

1.5.1 มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่มีการเลี้ยงสาหร่ายพม nang และปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, ออร์โธฟอสเฟตและบีโอดีของน้ำเสียในบ่อทดลองที่มีการเลี้ยงสาหร่ายพม nang มีปริมาณลดลงมากกว่าน้ำเสียในบ่อทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายพม nang

1.5.2 สาหร่ายพม nang ที่เลี้ยงในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในการทดลองมีผลผลิตเพิ่มขึ้น

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้สาหร่ายพม nang *Gracilaria fisheri* ทั้งในด้านการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพม nang การลดปริมาณธาตุอาหาร ระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำบัด และผลผลิตของสาหร่ายพม nang โดยเป็นข้อมูลที่ได้จากพื้นที่จริงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ในสถานะของการเลี้ยงกุ้งได้ด้วย

1.6.2 เป็นการใชประโยชน์จากสาหร่ายพม nang ในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำทางชีววิทยาอย่างมีประสิทธิภาพและไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำและนำผลผลิตของสาหร่ายมาใชประโยชน์เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างเหมาะสมคุ้มค่าและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไปอีกทางด้วย

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้ง การเลี้ยงสาหร่าย และการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาค่าโดยใช้สาหร่ายผสมนาง โดยแยกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- 2.1 สิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตกุ้งกุลาค่า
- 2.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำและบ่อเลี้ยง
- 2.3 ลักษณะน้ำเสียจากการทำนากุ้ง
- 2.4 การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา
- 2.5 ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายผสมนาง
- 2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย
- 2.7 ประโยชน์ของสาหร่าย
- 2.8 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย

2.1 สิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตกุ้งกุลาค่า

สิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยงที่มีอิทธิพลต่อผลผลิต คุณภาพและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาค่ามีดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิของน้ำ (Water temperature) กุ้งแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปกุ้งจะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิสูง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปกุ้งจะเจริญเติบโตได้ไม่ดี โดยอุณหภูมิของน้ำในนากุ้งทั่วไปจะประมาณ 22 - 29 องศาเซลเซียส (10) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งอยู่ระหว่าง 25 - 33 องศาเซลเซียส (11) ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียสกุ้งจะไม่กินอาหารและการเจริญเติบโตลดลง (10)

นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อปริมาณแอมโมเนียของน้ำในบ่อเลี้ยงด้วย ถ้าอุณหภูมิและ pH ของน้ำสูงจะทำให้แอมโมเนียในน้ำอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (12) และยังทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นด้วย (13) ผลกระทบของอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าออกซิเจนละลายในน้ำจะลดลงเนื่องจากออกซิเจนจะละลายได้น้อยลงแต่ในทางตรงกันข้ามสัตว์น้ำและจุลินทรีย์ต้องการออกซิเจนมากขึ้นจึงเกิดปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนได้

2. ความเค็ม น้ำจืดของประเทศไทยมีความเค็มประมาณ 5 - 38 ส่วนในพัน (10) แต่กึ่งกลางซึ่งเป็นพวก Eurythaline ซึ่งทนความเค็มได้ในช่วงกว้างคือตั้งแต่ 3 - 45 ส่วนในพัน ถ้าน้ำในนาุ้งมีความเค็มสูงกว่าความเค็มของเลือด น้ำภายในตัวจะซึมออกจากตัวกึ่งตลอดเวลา ในขณะที่ถ้าน้ำในนาุ้งมีความเค็มต่ำกว่าความเข้มข้นของเลือดน้ำจากภายนอกจะซึมเข้าไปในตัวกึ่ง กึ่งจะโตช้า ถ้าน้ำในบ่อเลี้ยงมีความเค็มสูงกว่า 25 ส่วนในพัน และกึ่งจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดถ้าน้ำในบ่อเลี้ยงมีความเค็มระหว่าง 10 - 20 ส่วนในพัน

3. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) น้ำในบ่อเลี้ยงควรมี pH อยู่ระหว่าง 7.8 - 8.3 กึ่งจะโตช้าและมีอัตราการตายสูงมากขึ้นถ้ามี pH ของน้ำต่ำกว่า 5.0 นอกจากนั้นค่า pH จะมีผลต่อแอมโมเนียของน้ำในบ่อเลี้ยงด้วยคือถ้าค่า pH ของน้ำมีค่ามากขึ้นแอมโมเนียจะอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แต่ถ้าค่า pH มีค่าลดลงแอมโมเนียจะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (14) โดยปกติแล้วค่า pH ของน้ำในนาุ้งจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก ถ้าหากมีการเจริญเติบโตของแพลงตอนพืชมากเกินไปจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นมากในตอนกลางคืนทำให้น้ำมีค่า pH ต่ำลงได้

4. ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนในน้ำมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกึ่ง กึ่งจะไม่กินอาหารถ้าน้ำในบ่อมีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะลดลงถ้าอุณหภูมิของน้ำในบ่อสูงขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงขึ้น (13) ออกซิเจนในบ่อได้มาจากหลาย ๆ แหล่ง คือจากลม บรรยากาศ การใช้เครื่องให้อากาศ และจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชหรือสาหร่ายด้วย

จากการสังเคราะห์แสง พืชหรือสาหร่ายจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ และผลิตก๊าซออกซิเจนออกมาดังสมการ



ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกึ่งคือ 3 - 5 มิลลิกรัมต่อลิตร กึ่งขนาดเล็กต้องการออกซิเจนสูงกว่ากึ่งขนาดใหญ่และต้องการมากกว่าปกติในช่วงลอกคราบ ปริมาณออกซิเจนจะมีมากในช่วงกลางวันและจะลดน้อยลงในเวลากลางคืน จึงควรใช้เครื่องตีน้ำในเวลาดัง

กล่าว (14) นอกจากออกซิเจนในน้ำจะช่วยในการดำรงชีวิตของกุ้งและสิ่งมีชีวิตในบ่อแล้ว ในกรณีที่มีออกซิเจนเหลือพอสารอินทรีย์ในน้ำจะถูกออกซิไดส์โดยแบคทีเรียไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำหลังจากจากนั้นในสภาวะที่มีแสงแดดพืชและสาหร่ายจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโตด้วย (13)

5 . แอมโมเนีย (Ammonia) แอมโมเนียที่พบในบ่อกุ้งมีอยู่ในรูปแอมโมเนีย (NH_3) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งรูปของแอมโมเนียมไอออนจะไม่เป็นพิษต่อกุ้งเพราะไม่สามารถซึมผ่านผนังเซลล์ได้ แอมโมเนียเกิดจากการย่อยสลายโปรตีนจากเศษอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้ง และเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงสารประกอบโปรตีนจะถูกย่อยสลายเป็นสารประกอบอื่น ๆ (10) การย่อยสลายโปรตีนเกิดจากจุลินทรีย์โดยการจับเอนไซม์ Proteinase แล้วแบ่งแยกโมเลกุลของโปรตีนให้เป็นโมเลกุลที่เล็กลงเรียกว่า Peptide ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโน 2 ตัวขึ้นไปแล้วถูกทำลายด้วยเอนไซม์ Peptidase ได้กรดอะมิโน ดังสมการ (13)



หลังจากที่กรดอะมิโนถูกปล่อยออกมาจากการย่อยสลายโปรตีน จะมีการย่อยสลายกรดอะมิโนต่อโดยเอนไซม์ Deaminase ได้เป็นแอมโมเนีย ตัวอย่างเช่น

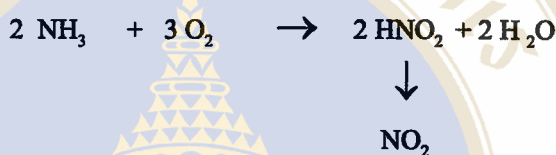


นอกจากแอมโมเนียจะเกิดจากการย่อยสลายโปรตีนแล้ว ยังเกิดจากของเสียที่ถูกขับออกมาจากสัตว์น้ำซึ่งมีสารประกอบพวกโปรตีนหรือไนโตรเจน เป็นสารประเภทยูเรียเมื่อถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ Urease แล้วจะได้เป็นแอมโมเนีย (13) ดังสมการ



แอมโมเนียที่กักขังออกมาจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของกึ่ง ความเข้มข้นของแอมโมเนียในบ่อ กึ่งไม่ควรจะสูงกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรถ้าในน้ำมีแอมโมเนียมากกว่า 0.45 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตรา การเจริญเติบโตของกึ่งจะลดลง (15)

6. ไนโตรเจน (Nitrogen) ไนโตรเจนจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตเพราะเป็นส่วนประกอบของ โปรตีนและสารชีวเคมีอื่น ๆ ในวัฏจักรไนโตรเจน โปรตีนที่เกิดจากของเสียที่ถูกขับถ่ายจากกึ่ง ซาก สิ่งมีชีวิตหรือเศษอาหารจะถูกย่อยในกระบวนการ Proteolysis ไปเป็น Peptide และ Peptide จะ ถูกย่อยต่อไปเป็นกรดอะมิโนและแอมโมเนีย หลังจากนั้นแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (13) ดังสมการ



จากนั้นไนไตรท์จะถูกออกซิไดส์ไปเป็นไนเตรทโดย Nitrite - Oxidizing Bacteria ดังสมการ



ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนแบคทีเรียบางกลุ่มจะเจริญเติบโต และเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) เปลี่ยนไนเตรทไปเป็นก๊าซไนโตรเจน (13) ดังสมการ



นอกจากนี้ไนเตรทยังถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นแอมโมเนียโดยจุลินทรีย์ได้ด้วย (13) ดังสมการ



ไนเตรทจะเป็นพิษต่อกึ่งถ้าในน้ำนั้นมีปริมาณไนเตรทประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรใน เลือดกึ่งมีสาร Haemocyanin ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับไนเตรท ถ้าในน้ำนั้นมีไนเตรทมากเกินไป กึ่งจะ ขับไนเตรทส่วนที่มากเกินไปได้ซึ่งต้องไม่มากเกินไปถ้าการขับถ่ายของกึ่ง (10)

7. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในน้ำเสียที่มีสารประกอบพวกอินทรีย์วัตถุ แบคทีเรียที่อยู่ในน้ำจะใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น ถ้าน้ำเสียนั้นมีสารอินทรีย์มากเกินไปจะทำให้เกิดออกซิเจนที่ละลายน้ำหมดไปเนื่องจากแบคทีเรียใช้ไปดังกล่าว ถ้าของเสียยังไม่หมดการย่อยสลายในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนจะเกิดขึ้นโดยสารประกอบพวกซัลเฟต (SO_4^{2-}) จะถูกดึงเอาออกซิเจนไปใช้โดยแบคทีเรียได้เป็นซัลไฟด์ (S_2) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) (13) ดังสมการ



ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นพิษต่อกุ้ง กุ้งจะตายทันทีถ้าในน้ำมีความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ประมาณ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (10) วิธีการลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำได้โดยการเพิ่มออกซิเจนลงในน้ำโดยเฉพาะบริเวณกันบ่อ (14)

2.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำและบ่อเลี้ยง

น้ำที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ในการเลี้ยงกุ้งควรมีการบำบัดเพื่อกำจัดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ในน้ำและทำให้น้ำมีคุณภาพดีก่อนที่จะนำมาใช้ในบ่อเลี้ยงหรือก่อนที่จะปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้จะต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนที่จะใช้เลี้ยงกุ้งแล้วยังต้องปรับปรุงคุณภาพของดินและมีการเตรียมบ่อเลี้ยงก่อนปล่อยน้ำเข้าในบ่อเลี้ยงเพื่อเลี้ยงกุ้งด้วย

สำหรับการปรับปรุงและการเตรียมบ่อ หลังจากจับกุ้งแล้วต้องปรับสภาพพื้นบ่อให้ดีขึ้น การดูแลและของเสียบริเวณกันบ่อทิ้งและตากบ่อให้แห้ง จากนั้นใช้รถไถหน้าดินออกแล้วโรยปูนมาร์ล 80 - 100 กิโลกรัมต่อไร่ ตากให้แห้ง 2-3 สัปดาห์เพื่อกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์และแอมโมเนียที่หมักหมมในบ่อ (14)

การกำจัดศัตรูในบ่อเลี้ยง ทำโดยโรยกากขาวบริเวณที่มีน้ำขัง ประมาณ 20 กิโลกรัมต่อไร่ ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงสูบน้ำออกจากบ่อ (15) หรือใช้โล่ดินในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลูกบาศก์เมตรสาดให้ทั่วบ่อแต่นิยมใช้น้อยเนื่องจากโล่ดินอาจตกค้างในน้ำเป็นอันตรายต่อกุ้ง (16)

การเพิ่มอากาศในน้ำ การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาจะต้องเปิดเครื่องเพิ่มอากาศในน้ำตลอดเวลาอย่างน้อย 1 คืนก่อนนำลูกกุ้งปล่อยลงเลี้ยงเพื่อให้ น้ำในบ่อมีออกซิเจนละลายอยู่มากกว่าหรือใกล้เคียงกับน้ำในถังที่ใช้ลำเลียงระหว่างการขนย้ายลูกกุ้ง (15)

ในระหว่างการเลี้ยงกุ้ง มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงหลายวิธี เช่น

การให้อากาศด้วยเครื่องตีน้ำ เมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำหรือสูบน้ำจืดหรือน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกันมากเข้ามาในบ่อหรือเมื่อฝนตกเกิดการแบ่งชั้นของน้ำในบ่อน้ำจืดซึ่งเบากว่าจะอยู่ข้างบน น้ำเค็มจะอยู่ข้างล่างถ้ามีแสงแดดน้ำเค็มจะดูดความร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำข้างล่างสูงอย่างเฉียบพลันก็จะเกิดอาการผิดปกติเนื่องจากออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยลงขณะที่ความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นเนื่องจากกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จะมากกว่าปกติ ดังนั้นระหว่างหรือภายหลังที่มีการเติมน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกันมากหรือหลังฝนตก จึงต้องเปิดเครื่องเพิ่มอากาศในน้ำตลอดเวลาเพื่อให้ น้ำเป็นเนื้อเดียวกันอย่างรวดเร็ว (15) การให้อากาศยังเป็นการเพิ่มออกซิเจนในน้ำ แรงการย่อยสลายของเสียในน้ำ โดยช่วยเพิ่มการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ปรับปรุงคุณภาพน้ำและดินพื้นบ่อด้วย โดยดำรงค์ (16) ได้ศึกษาเปรียบเทียบระบบการให้อากาศต่าง ๆ กันเพื่อจัดการคุณภาพน้ำและดินพื้นบ่อในการเลี้ยงกุ้ง โดยทำการให้อากาศแบบทำให้ตะกอนกระจายตัวแขวนลอยในน้ำและแบบทำให้น้ำที่พื้นบ่อหมุนเวียนเพื่อรวมตะกอนในบ่อคอนกรีตขนาด 5 ลูกบาศก์เมตร มีดินรองพื้นหนา 10 เซนติเมตร น้ำลึก 1 เมตร และปล่อยกุ้ง 150 ตัวต่อบ่อ พบว่าการให้อากาศทั้ง 2 แบบสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำได้โดยจะเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนไนไตรท์-ไนโตรเจน และค่า COD ได้ โดยมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0031 - 0.0037 มิลลิกรัมต่อลิตร ชัลไฟด์ 0.0092 - 0.0101 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน 0.0260 - 0.0360 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า COD 410.94 - 466.38 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นการถ่ายของเสียต่าง ๆ ที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้งเพื่อให้ น้ำมีคุณภาพดีมักทำเมื่อคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมกับการเลี้ยง เป็นการช่วยเพิ่มออกซิเจนและเจือจางของเสียในน้ำ นอกจากนั้นเป็นการช่วยชะล้างธาตุอาหารและแพลงตอนพืชออกจากบ่อ ช่วยกำจัดสารพิษที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ช่วยปรับระดับความเค็มและอุณหภูมิให้เหมาะสม (15) การเปลี่ยนถ่ายน้ำยังเป็นการลดความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตในบ่อเลี้ยงด้วย (14)

2.3 ลักษณะน้ำทิ้งจากการทำนาุ้ง

น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งคือน้ำที่ได้จากการทำกิจกรรมต่างๆของบ่อเลี้ยงกุ้งและปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยมีคุณสมบัติของน้ำบางอย่างจะเปลี่ยนไปทั้งทางด้านกายภาพและชีวภาพซึ่งจะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมธรรมชาติ (17) โดยทั่วไปน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นตะกอนหรือดินเลน และอีกส่วนเป็นน้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ประกอบด้วยสารอินทรีย์ แพลงตอน สารพิษ โลหะหนัก ยา สารเคมี และอื่นๆ น้ำทิ้งจากการทำนาุ้งมีลักษณะดังนี้ (14)

1. ความเค็ม (Salinity) น้ำทิ้งจากการทำนาุ้งจะมีค่าความเค็มขึ้นอยู่กับฤดูกาล ในฤดูฝนจะมีค่าความเค็มค่อนข้างต่ำเนื่องจากมีการเจือจางด้วยปริมาณน้ำฝนและจะเพิ่มขึ้นในฤดูแล้งเนื่องจากการระเหยของน้ำ มีการศึกษาค่าความเค็มของการเลี้ยงกุ้งเป็นระยะเวลา 5 เดือนพบว่ามีความเค็มของน้ำระหว่าง 16 - 47 ส่วนในพัน (18) สำหรับน้ำทิ้งจากนาุ้งที่ปล่อยลงสู่อ่างกุ้งกระเบน มีความเค็มในช่วง 1 - 40 ส่วนในพัน โดยในฤดูฝนมีค่าในช่วง 1 - 24 ส่วนในพันและฤดูแล้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นและเพิ่มมากที่สุด คือ 30 - 40 ส่วนในพัน (11) สำหรับค่าความเค็มในคลองที่อยู่บริเวณพื้นที่ที่ทำนาุ้ง จังหวัดระยองมีค่าประมาณ 18 - 30 ส่วนในพัน (19) ในขณะที่ Phillips *et al.* รายงานว่าคุณภาพน้ำในการทำนาุ้งของประเทศไทยมีความเค็มในช่วง 10 - 35 ส่วนในพัน (18)

2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) การศึกษาคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาที่มีอัตราความหนาแน่นต่างกัน (20) พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำจากการเลี้ยงกุ้งที่มีค่าความหนาแน่นต่างกันจะมีค่าใกล้เคียงกันมากคือมีค่าระหว่าง 6.5 - 9.2 โดยมีค่าเฉลี่ยในช่วง 7.9 - 8.3 และในคลองน้ำทิ้งก็มีค่าใกล้เคียงกับในบ่อเลี้ยงและใกล้เคียงกับผลการศึกษาคุณภาพน้ำในการทำนาุ้งของประเทศไทยเป็นระยะเวลา 5 เดือนซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างในช่วง 7.5 - 8.9 (21)

3. ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ปริมาณสิ่งมีชีวิตและแพลงตอนมีผลต่อปริมาณออกซิเจน แพลงตอนจะผลิตออกซิเจนในกระบวนการสังเคราะห์แสงในกลางวัน (13) ค่าออกซิเจนจะเพิ่มมากขึ้นในเวลากลางวัน ในขณะที่เวลากลางคืนหรือเช้ามืดไม่มีการสังเคราะห์แสงทำให้ค่าออกซิเจนลดลงจนไม่เพียงพอต่อสิ่งมีชีวิตในบ่อเลี้ยงกุ้ง การศึกษาออกซิเจนละลายน้ำของน้ำที่ปล่อยลงสู่อ่างกุ้งกระเบน (11) พบว่าเกษตรกรจะถ่ายน้ำจากบ่อกุ้งในขณะน้ำลง ทำให้น้ำในแหล่งน้ำขณะน้ำลงมีค่าในช่วง 0.4 - 7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่น้ำขึ้นมีค่าในช่วง 4.3 - 8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร Phillips *et al* รายงานคุณภาพน้ำในการทำนาุ้งของประเทศไทยพบค่าออกซิเจนในช่วง 4.0 - 7.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (18) ส่วนค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา (20) มีค่าผันแปรในช่วง 2.8 - 12.8 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ย 4.9 - 7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับ

ค่าออกซิเจนในคลองบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้ง จังหวัดระยองมีค่าในช่วง 4.33 - 6.25 มิลลิกรัมต่อลิตร (19) ในช่วงการจับกุ้งและคัดเลนล้างบ่อก็เป็นปัจจัยที่ทำให้น้ำมีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (13) นอกจากนั้นในช่วงฤดูร้อนก็จะทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำเช่นกัน เนื่องจากความสามารถในการละลายของออกซิเจนลดลงในขณะที่ความต้องการของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายมีค่าเพิ่มขึ้น

4. ค่าบีโอดี (BOD) การศึกษาน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง แบบพัฒนาที่มีความหนาแน่นต่างกัน. (20) พบว่ามีค่าบีโอดี ในช่วง 0.3 - 34.6 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยในช่วง 5.6 - 14.2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่บ่อเลี้ยงที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นสูงจะมีค่าบีโอดีสูงกว่าบ่อที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นต่ำ โดยบีโอดีมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณและชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยง ถ้าให้อาหารมากเกินไปก็จะมีอาหารเหลือตกค้างและกุ้งจะขับถ่ายมากขึ้นทำให้ค่าบีโอดีสูงขึ้นด้วย สำหรับค่าบีโอดีในน้ำทิ้งจากนาุ้งที่ปล่อยลงสู่อ่าวกุ้งกระเบนในขณะน้ำลงมีค่า 1.87-7.17 มิลลิกรัมต่อลิตร และขณะน้ำขึ้นมีค่า 0.30-4.52 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดีในบ่อเลี้ยงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นและระยะเวลาของการเลี้ยงและจะสูงขึ้นเมื่อมีการคัดเลนล้างบ่อ (11)

5. แอมโมเนีย (Ammonia) ส่วนใหญ่เกิดจากของเสียที่ถ่ายออกจากตัวกุ้งและจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อ (13) อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งส่วนมากเป็นพวกโปรตีนซึ่งเป็นตัวก่อให้เกิดของเสียในบ่อเลี้ยง เมื่อให้อาหารมากเกินไปอาหารที่เหลือจะละลายน้ำและถูกย่อยเป็นแอมโมเนียโดยจุลินทรีย์ ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่อ่าวกุ้งกระเบนในขณะน้ำลงมีค่าในช่วง 0 - 4.36 มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วงน้ำขึ้นมีค่า 0 - 4.82 มิลลิกรัมต่อลิตร (11) ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีความหนาแน่นต่างกัน บ่อที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นสูงจะมีค่าสูงกว่าคือ 19.67 กิโลกรัมต่อบ่อขนาด 2 ไร่ ส่วนที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นต่ำจะมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพียง 2.8 กิโลกรัมต่อบ่อขนาด 2 ไร่ (21) ส่วนน้ำในคลองธรรมชาติในเขตที่มีการเลี้ยงกุ้ง จังหวัดระยอง (19) มีค่าในช่วง 0.2 - 0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร

6. ไนไตรท์ (Nitrite) ไนไตรท์เกิดจากการย่อยสลายโปรตีนของแบคทีเรียโดยโปรตีนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียและแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) (13) ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่ถูกปล่อยลงสู่อ่าวกุ้งกระเบน (11) ในขณะน้ำลงมีค่าในช่วง 0 - 0.187 มิลลิกรัมต่อลิตรและขณะน้ำขึ้นมีค่าในช่วง 0 - 0.101 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย การศึกษาคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีความหนาแน่นต่างกัน พบว่ามีค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนในช่วง 0 - 0.909 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นสูงจะพบค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนสูงกว่าเนื่องจากมีการสะสมของสารอินทรีย์และถูกย่อยสลายมากกว่าในบ่อที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นต่ำกว่า นอกจากนั้นระยะเวลาการเลี้ยงยังมีผลต่อปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน โดยปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนจะมี

ค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง และมีมากในช่วงเดือนสุดท้ายของการเลี้ยง ช่วงจับกุ้งและคัดเลนล้างบ่อ สำหรับออกซิเจนละลายน้ำก็มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในสภาวะที่ขาดออกซิเจนโดยเฉพาะในเวลากลางคืน ทำให้กระบวนการออกซิเจนจากไนโตรเจนเป็นไนเตรทเกิดไม่สมบูรณ์และจะเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) เปลี่ยนไนเตรทเป็นไนโตรเจนด้วย (13)

7. ไนเตรท (Nitrate-Nitrogen) การศึกษาปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่ถูกปล่อยสู่แอ่งสระกระเบน (11) ในขณะที่น้ำลงมีค่าในช่วง 0 - 0.125 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่น้ำขึ้นมีค่าในช่วง 0 - 0.410 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่การศึกษาปริมาณมลสารที่ปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในบ่อขนาด 2 ไร่ บ่อที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นสูงพบไนเตรท-ไนโตรเจน 0.43 กิโลกรัมต่อบ่อ ซึ่งสูงกว่าบ่อที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นต่ำกว่าคือ 0.19 กิโลกรัมต่อบ่อ (21)

8. ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) ปริมาณออร์โธฟอสเฟตจากบ่อเลี้ยงกุลาดำ มีค่าในช่วง 0.027 - 3.405 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยในช่วง 0.027 - 0.31 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามความหนาแน่นของการเลี้ยง (20) เศษอาหารและสิ่งขับถ่ายของกุ้งจะเป็นแหล่งฟอสเฟตในบ่อเลี้ยง (15) สำหรับการศึกษาน้ำทิ้งจากการทำนาุ้งที่ปล่อยสู่แอ่งสระกระเบนมีปริมาณฟอสเฟตขณะน้ำลง 0 - 0.081 มิลลิกรัมต่อลิตรและช่วงน้ำขึ้นมีค่า 0 - 0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร (11)

คุณภาพน้ำของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

คุณภาพน้ำ	ศิริพร(11)	แฟรงค์(20)	Phillips(18)	ลดาวัลย์ (19)
ความเค็ม (ppt)	1 - 40	-	10 - 35	18 - 30
ค่าพีเอช	6.5 - 9.6	6.5 - 9.2	7.5 - 8.9	7.38 - 7.85
DO (mg/l)	0.4 - 7.0	2.8 - 12.8	4.0 - 7.5	4.33 - 6.25
BOD (mg/l)	0.400 - 7.176	0.3 - 34.6	-	0.30 - 7.17
NH ₃ -N (mg/l)	0 - 4.82	-	0.05 - 0.65	0.2 - 0.39
NO ₂ -N (mg/l)	0 - 0.0187	0 - 0.909	-	0.02
NO ₃ -N (mg/l)	0 - 0.410	-	-	-
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0 - 0.081	0.027 - 3.405	0.05 - 0.40	-

ที่มา : รวบรวมจาก ศิริพร (11) , แฟรงค์ (20) , Phillips (18) และ ลดาวัลย์ (19)

คุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาขนาด 4 ไร่ ของสมาพันธ์ฟาร์ม จังหวัดระยอง ที่มีระยะเวลาการเลี้ยงเดือนที่ 3 ถึงเดือนที่ 4 มีค่าตัวแปรคุณภาพน้ำดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งของสมาพันธ์ฟาร์มในเดือนกันยายนและตุลาคม พ.ศ. 2541 (ที่มีระยะเวลาการเลี้ยงเดือนที่ 3 ถึงเดือนที่ 4)

คุณภาพน้ำ	ความเค็ม (ppt)	pH	ความเป็นด่าง (มก./ ล.)	ออกซิเจน (มก./ ล.)	แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มก./ ล.)	ไนไตรท์-ไนโตรเจน (มก. / ล.)
น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง	8 - 16	7.5 – 8.1	82 – 108	6.2 – 8.2	0.030-0.0958	0.029-0.087

ที่มา : รวบรวมจากสมาพันธ์ฟาร์ม

สำหรับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งมีการกำหนดอยู่ในหลายๆ เกณฑ์ เช่น มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลที่กำหนดไว้เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 (22) มาตรฐานน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งของกรมประมง (23) และร่างเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ของกลุ่มแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จ. สงขลา (23) ซึ่งมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีรายละเอียดในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

คุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
1. วัตถุที่ลอยน้ำ (Floatable Solids)	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
2. น้ำมันหรือไขมันบนผิวน้ำ (Floatable oil & grease)	-	มองไม่เห็น
3. สีและกลิ่น	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
4. อุณหภูมิ (Temperature)	°C	≤ 33
5. ความเป็นกรดและด่าง	-	7.0 - 8.5
6. ความเค็ม (Salinity)	ส่วนในพัน	Δ ≤ 10%
7. ความโปร่งแสง (Transparency)	เมตร	Δ ≤ 10%

คุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
8. ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen)	มก. / ล.	> 4.0
9. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม	เอ็ม.พี.เอ็น. / 100	≤ 1000
10. แบคทีเรียกลุ่มฟิโคไลโคลิฟอร์ม	เอ็ม.พี.เอ็น.	ธรรมชาติ
11. ไนเตรท - ไนโตรเจน (NO ₃ - N)	มก. / ล.	ธรรมชาติ
12. ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส (PO ₄ - P)	มก. / ล.	ธรรมชาติ
13.ปรอททั้งหมด (Hg)	มก. / ล.	≤ 0.0001
14. แคดเมียม (Cd)	มก. / ล.	≤ 0.0005
15. โครเมียม (Cr)	มก. / ล.	≤ 0.1
16. โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)	มก. / ล.	≤ 0.05
17. ตะกั่ว (Pb)	มก. / ล.	≤ 0.05
18. ทองแดง (Cu)	มก. / ล.	≤ 0.05
19. แมงกานีส (Mn)	มก. / ล.	≤ 0.1
20. สังกะสี (Zn)	มก. / ล.	≤ 0.1
21. เหล็ก (Fe)	มก. / ล.	≤ 0.3
22. ฟลูออไรด์ (F)	มก. / ล.	≤ 1.5
23. คลอรีนคงเหลือ (Cl)	มก. / ล.	≤ 0.01
24. ฟีนอล (Phenol)	มก. / ล.	≤ 0.03
25. แอมโมเนีย - ไนโตรเจน (NH ₃ - N)	มก. / ล.	≤ 0.4
26. ซัลไฟด์ (Sulfide)	มก. / ล.	≤ 0.01
27. ไซยาไนด์ (Cyanide)	มก. / ล.	≤ 0.01
28. พีซีบี (PCB)	มก. / ล.	ธรรมชาติ
29. สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์	มก. / ล.	≤ 0.05
30. กัมมันตภาพรังสี	เบคเคอเรล / ล	
- รังสีแอลฟา (Alpha)		≤ 0.01
- รังสีเบตา (Beta)		≤ 1.0

ที่มา : เรียบเรียงจากมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (22)

ส่วนมาตรฐานน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งของกรมประมง (23) กรมประมงประกาศให้ผู้มีอาชีพเลี้ยงกุ้งมาจดทะเบียนและขออนุญาตตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยผู้เลี้ยงต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขดังนี้

1. น้ำทิ้งที่ปล่อยทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. ต้องไม่ปล่อยทิ้งหรือไถ่เลนจากพื้นที่ที่เลี้ยงกุ้งลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือที่สาธารณประโยชน์
3. ต้องไม่ปล่อยน้ำเค็มหรือกระทำการใด ๆ จนเป็นเหตุให้น้ำเค็มจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งซึมหรือไหลลงสู่แหล่งน้ำจืดสาธารณะหรือพื้นที่การเกษตรอื่น ๆ

นอกจากนี้กลุ่มสิ่งแวดล้อมแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา เสนอแนะว่าในปัจจุบันสถานการณ์การเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งของประเทศไทยได้ขยายตัวอย่างกว้างขวางควรมีเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อควบคุมและป้องกันผลกระทบจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อแหล่งน้ำเนื่องจากการใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งมีจุดประสงค์หลักเพื่อควบคุมความเข้มข้นของของเสียในน้ำทิ้งไม่ให้ค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนการใช้เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อประเมินแหล่งน้ำโดยรวมว่าคุณภาพอยู่ในระดับใดในแหล่งน้ำที่มีความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมสูงน่าจะต้องนำทั้ง 2 มาตรการมาใช้ในการควบคุมป้องกันคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ส่วนในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีแหล่งกำเนิดของเสียไม่มากนัก การนำมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งมาใช้น่าจะเพียงพอ และจากการเก็บตัวอย่างน้ำนำมาวิเคราะห์ของแหล่งน้ำธรรมชาติ 4 จังหวัด 11 แหล่งน้ำตัวอย่างจึงได้เสนอร่างเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ร่างเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

คุณภาพน้ำ	class A	class B	class C
BOD. (ppm.)	0-3	3-9	> 9
แอมโมเนียรวม(ppm.)	0-0.4	0.4-1.0	> 1.0
pH	6.5-8.5	5.5-6.5 , 8.5-9.5	< 5.5 , > 9.5
DO (ppm.)	> 4.0	< 4.0	-
Transparency (cm.)	> 40	20-40	< 20

ที่มา : เรียบเรียงจากกลุ่มสิ่งแวดล้อมแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (23)

โดยที่ class A คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์น้อยมาก สามารถนำไปใช้หรือเลี้ยงสัตว์น้ำได้เป็นอย่างดี

class B คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ปานกลาง การนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งควรจะได้มีการปรับปรุงคุณภาพก่อน เช่นการตกตะกอน การเติมน้ำเพิ่มออกซิเจน หรือใช้ปูนปรับ pH ทุกกรณี

class C คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ไม่ควรนำมาใช้เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ ตะกอนดิน ค้างหรือครกอยู่มาก ไม่สมควรนำมาใช้เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง การนำมาใช้อาจทำให้ต้นทุนการเลี้ยงสูงมาก หรือสัตว์น้ำไม่เติบโตเท่าที่ควร

ในขณะที่ศึกษาค่าคุณภาพของน้ำทะเลในบ่อพักน้ำก่อนที่จะนำไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งของฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาค่า (สมาพันธ์ฟาร์ม) ตลอดระยะเวลา 4 เดือนของการเลี้ยงกุ้งคือเดือน สิงหาคมถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2542 แสดงไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คุณภาพของน้ำทะเลในบ่อพักน้ำก่อนที่จะนำไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งของสมาพันธ์ฟาร์มระหว่างเดือน สิงหาคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2542

คุณภาพน้ำ	ค่าพิสัย	เฉลี่ย
NH ₃ -N (mg/l)	0.0224-0.2564	0.1410
NO ₂ -N (mg/l)	0.0054-0.0209	0.0158
NO ₃ -N (mg/l)	0.0116-0.0312	0.0219
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.0119-0.0321	0.0225
BOD (mg/l)	0.12-4.20	1.86

ที่มา : รวบรวมจากสมาพันธ์ฟาร์ม จังหวัดระยอง

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำทั้งจากการเลี้ยงกุ้งที่กล่าวมาข้างต้นกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งจากการเลี้ยงกุ้งของกรมประมงและคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจะเห็นได้ว่าตัวแปรคุณภาพน้ำของน้ำทั้งจากการเลี้ยงกุ้งมีค่าแปรผันตามระยะเวลาการเลี้ยง ฤดูกาลและสภาวะของแหล่งน้ำนั้นๆ ค่าคุณภาพน้ำในบางช่วงจึงมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและในบางช่วงมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เช่นค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และค่าบีโอดีจะมีค่าสูงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงเพิ่มขึ้นและสูงเกินค่ามาตรฐานเมื่อมีการจับกุ้งหรือฉีดยาในขณะที่ยังมีค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลงและต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเมื่อมีการลอกเลนและปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และถ้าเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทั้งจากการเลี้ยงกุ้งกับน้ำในบ่อพักน้ำก่อนที่จะนำไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งจะเห็นได้ว่าในบางช่วงคุณภาพของน้ำในบ่อพักน้ำมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและค่าบีโอดีสูงกว่าน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งด้วย เพราะฉะนั้นถ้าเกษตรกรสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ นอกจากจะเป็นการรักษาคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อมแล้วยังเป็นทางเลือกที่จะหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ทำกิจกรรมภายในฟาร์มกุ้งอีกด้วย จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า คุณภาพน้ำที่ปล่อยออกมาจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในนากุ้งจะมีคุณภาพเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติ คุณภาพน้ำจะเปลี่ยนไปในทางที่เสื่อมลง มีการปนเปื้อนสารเคมีต่างๆ มีส่วนประกอบของธาตุอาหารที่พืชหรือสาหร่ายสามารถนำมาใช้ประโยชน์ ถ้าสารต่าง ๆ เหล่านี้ถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำภายนอกจะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม จึงควรมีการปรับปรุงน้ำเหล่านี้ให้มีคุณภาพที่ดีก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

2.4 การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา

กระบวนการทางชีวภาพเข้ามามีบทบาทในการบำบัดน้ำเสีย ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือพืช กระบวนการทางชีววิทยาเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียโดยมีบทบาทในการลดสารพิษต่าง ๆ (9) ดังนี้

2.4.1 การบำบัดสารอินทรีย์ละลายน้ำ เนื่องจากมากกว่าครึ่งหนึ่งของค่าบีโอดีในน้ำเสียจะเป็นสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ การบำบัดโดยการเลี้ยงจุลินทรีย์ให้เจริญในน้ำเสียจุลินทรีย์จะเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำให้เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำและตกตะกอนลงมาง่ายต่อการกำจัด วิธีที่น่าสนใจในการลดค่าบีโอดี วิธีหนึ่งคือ Algal - Bacterial Culture (9) ในสภาวะที่มีแสงการเจริญเติบโตของสาหร่ายจะเกิดขึ้นพร้อมกับการผลิตก๊าซออกซิเจน และจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำให้ไปเป็นสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ เรียกกระบวนการนี้ว่า photosynthetic oxygenation โดยกระบวนการนี้จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียค่อนข้างสูง เนื่องจากมีปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องถึง 2 ปฏิกิริยาคือปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยจุลินทรีย์และปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย

2.4.2 การบำบัดธาตุอาหาร วิธีบำบัดน้ำเสียที่ใช้กันอยู่จะทำการลดปริมาณแอมโมเนียโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออนหรือโดยการให้อากาศ มีการลดปริมาณไนโตรเจนโดยการเปลี่ยนไปเป็นก๊าซไนโตรเจนโดย anoxic reduction และลดปริมาณฟอสเฟตโดยการตกตะกอนด้วยปูนขาว ซึ่งบางครั้งวิธีเหล่านี้จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าวิธี photosynthetic oxygenation ซึ่งสามารถใช้ได้เหมือนกัน คือสารอินทรีย์ในไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียหรือก๊าซไนโตรเจน โดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันโดยจุลินทรีย์ และบางส่วนระเหยไปในอากาศ ก๊าซแอมโมเนียจะถูกสาหร่ายใช้ในการเจริญเติบโตหรือระเหยสู่บรรยากาศเมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสูงขึ้นสำหรับฟอสฟอรัสจะถูกสาหร่ายใช้หรือบางส่วนตกตะกอนเมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

ในส่วนของสาหร่ายพบว่าหากมีการเติมสารอาหารลงไปใต้น้ำทะเลที่ใช้เลี้ยง จะทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น ในการเลี้ยงสาหร่ายจึงต้องมีการเติมสารอาหารลงไปโดยการเติมปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต ในอัตราส่วนที่ขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายและสภาพแวดล้อมนั้น ๆ สำหรับประเทศไทย อรุณี (24) ได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายเขากวางในกระชังในบ่อดิน โดยเลี้ยงสาหร่ายเขากวางน้ำหนัก 500, 1,000 , 1,500, และ 2,000 กรัมต่อกระชัง ในบ่อดินที่มีระดับน้ำทะเลลึก 1.3 เมตร เป็นเวลา 4 เดือน จำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยในอัตรา 1 กรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร สัปดาห์ละหนึ่งครั้งตลอดการทดลอง เช่นเดียวกับ วิวรรณ (25) ได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนามแบบผลผลิตสูง

ในบ่อคินโดยเลี้ยงสาหร่ายในอัตรา 500 กรัมต่อตารางเมตรในบ่อคินที่มีระดับน้ำทะเลลึก 1.0 - 1.2 เมตรเป็นเวลา 8 เดือน ก็ต้องมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46 - 0 - 0 จำนวน 300 กรัมทุกสัปดาห์เช่นกัน

จากการศึกษาพบว่าในการเจริญเติบโต สาหร่ายจะใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน ฟอสเฟตเป็นแหล่งฟอสฟอรัส และใช้น้ำเป็นแหล่งออกซิเจน นอกจากนั้นบทบาทที่สำคัญของสาหร่ายอีกประการคือการผลิตก๊าซออกซิเจนออกมาในการเจริญเติบโตของสาหร่าย ในบ่อรับน้ำเสียที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย สาหร่ายจะผลิตก๊าซออกซิเจนออกมาเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดของเสีย (9) ดังที่แสดงไว้ข้างต้นในรูปที่ 1.1

นอกจากนี้ ธนินฐา (26) ได้ทดลองใช้หอยแมลงภู่ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบพัฒนา โดยทดลองเลี้ยงหอยแมลงภู่ ความหนาแน่น 1, 3, 5, และ 7 ตัวในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง 1 ตัน ทำการทดลองเป็นเวลา 10 วัน และศึกษาคุณภาพน้ำพบว่าคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 0.113 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 0.543 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรที่-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่คลอโรฟิลล์เอมีค่าเฉลี่ยลดลง ค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลงจาก 4.838 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 2.960 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าตะกอนแขวนลอยลดลงจาก 20.67 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 16.99 มิลลิกรัมต่อลิตร

ศุติต (27) ทำการศึกษาการเลี้ยงไรน้ำเค็มเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา โดยเลี้ยงไรน้ำเค็มความหนาแน่น 100 ตัวต่อลิตรในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง 315 ลิตรในถังคอนกรีตกลมสูง 50 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ทำการทดลองทั้งหมด 14 วัน จากการทดลองพบว่าค่าไนโตรที่-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 0.020 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 0.412 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 0.161 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 0.614 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพิ่มจาก 1.8 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าออร์โธ-ฟอสเฟตเพิ่มขึ้นจาก 0.047 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 0.159 มิลลิกรัมต่อลิตร

คณิตและศุติต (28) ได้ทดลองใช้หอยแมลงภู่และสาหร่ายพม nang เพื่อบำบัดน้ำทิ้งทางชีวภาพจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา โดยทดลองในถังขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใช้สาหร่ายพม nang หนัก 168 ± 2 กรัมและหอยแมลงภู่หนัก 200 ± 2 กรัม ครั้งที่ 2 ใช้สาหร่ายพม nang หนัก 340 ± 2 กรัม และหอยแมลงภู่หนัก 400 ± 1.5 กรัม แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลองและ 3 ซ้ำ คือชุดควบคุม ชุดสาหร่ายพม nang ชุดหอยแมลงภู่ และชุดสาหร่ายพม nang กับหอยแมลงภู่ ศึกษาคุณภาพน้ำในชั่วโมงที่ 0, 6, 12, 18, 24 และ 48 จากการทดลองพบว่าชุดสาหร่ายพม nang และชุดหอยแมลงภู่ สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ แพลงตอน และสารแขวนลอยได้ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของค่า

บีโอดี ซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์เอ ในชุดควบคุมจะไม่แตกต่างจากการใช้สาหร่ายพม nang กับหอยแมลงภู่ เพราะค่าแอมโมเนียจะสูงขึ้นจากการขับถ่ายของหอยแมลงภู่ จึงควรแก้ไขด้วยการใช้เครื่องเติมอากาศเพื่อให้น้ำทั้งมีคุณภาพดีขึ้น

ศิริวรรณ (29) ได้ทดลองใช้สาหร่ายทะเลช่วยลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง โดยเลี้ยงสาหร่ายในสกุล *Caulerpa* , *Sargassum* และ *Gracilaria* ในถังที่ใส่น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง ด้วยความหนาแน่น 1 , 5 และ 10 กรัมต่อลิตร และตรวจคุณภาพน้ำเมื่อเริ่มการทดลองและภายหลังนำสาหร่ายลงแช่ในน้ำทิ้ง นาน 6 , 12 , 18 , 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง ตรวจวัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและไนเตรท-ไนโตรเจน จากผลการศึกษาพบว่า สาหร่ายทั้ง 3 ชนิดสามารถลดความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนเตรทได้ แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าสาหร่ายชนิดใดสามารถลดปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและไนเตรท-ไนโตรเจนได้ดีที่สุด เนื่องจากความสามารถในการลดปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหารในน้ำด้วย สำหรับสาหร่าย *Gracilaria* พบว่าเกือบทุกระยะเวลาในการทดลอง สาหร่ายความหนาแน่นสูง คือ 10 กรัมต่อลิตรสามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้ดีกว่าสาหร่ายความหนาแน่นต่ำกว่า แต่สาหร่ายความหนาแน่นต่ำ คือ 1 กรัมต่อลิตรมีอัตราการดูดซึมแอมโมเนียสูงกว่า สำหรับค่าไนเตรทสาหร่ายความหนาแน่น 5 กรัมต่อลิตรสามารถลดปริมาณไนเตรทได้ดีกว่าสาหร่ายความหนาแน่น 10 และ 1 กรัมต่อลิตร และสาหร่ายความหนาแน่น 5 และ 10 กรัมต่อลิตร มีอัตราการดูดซึมใกล้เคียงกันและดีกว่าสาหร่ายความหนาแน่น 1 กรัมต่อลิตร

ทักษิณา (30) ได้ทดลองเลี้ยงหอยน้ำจืด *Halophila Ovalis* เพื่อลดปริมาณบีโอดี สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยใช้หอยน้ำจืด 1.0 kg/m² , 2.0 kg/m² และ 3.0 kg/m² ในถังไฟเบอร์ที่บรรจุน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งขนาด 250 ลิตร โดยมีน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งเป็นชุดควบคุมพบว่า การเลี้ยงหอยน้ำจืดทำให้ค่าบีโอดี สารประกอบไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟตลดลงได้มากกว่าการทดลองที่ไม่เลี้ยงหอยน้ำจืด โดยมีประสิทธิภาพในการลดแอมโมเนีย, ไนเตรท-ไนโตรเจน , ไนเตรท-ไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟต และบีโอดี เท่ากับ 64.64% - 80.63%, 77.85% - 92.05% , 69.83% - 74.01% , 76.59% - 85.22% และ 65.33% - 75.11% ตามลำดับ

อนันต์ (31) ได้แนะนำให้ทำการบำบัดน้ำทางชีวภาพ โดยแยกบำบัดน้ำทางชีวภาพทีละบ่อในแต่ละบ่อจะเลี้ยงพรรณไม้น้ำร่วมกับสัตว์น้ำอื่นๆ หลากหลายชนิดรวมในบ่อเดียวกันยกเว้นพวกกินพืช ติดตั้งเครื่องตีน้ำเพื่อกันน้ำแยกชั้น กลไกทางธรรมชาติที่มีในบ่อจะทำให้ น้ำกลับคืนสู่สภาวะสมดุลและสามารถนำมาใช้เลี้ยงกุ้งได้ หรือนำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมาบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ โดยไม่ต้องใช้สารเคมีในระดับความเข้มข้นที่ต่ำแต่ใช้ในระดับแปรสภาพสารพิษให้อยู่ในรูปที่เป็นกลางก็สามารถนำน้ำนั้นมาใช้เลี้ยงกุ้งต่อไป

อุปถัมภ์ (32) ได้ทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบยั่งยืนโดยการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีวภาพโดยทำการทดลองเลี้ยงกุ้งในบ่อทดลองและปล่อยน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งเข้าสู่บ่อรับน้ำเสีย 3 บ่อที่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่น้ำจืดในบ่อที่ 1 เลี้ยงสาหร่ายพวงมาลัยในบ่อที่ 2 และบ่อที่ 3 ปล่อยเป็นบ่อฝังเป็นเวลาทั้งหมด 3 เดือนและเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งและบ่อบำบัดทั้ง 3 บ่อพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายพวงมาลัยและหอยแมลงภู่น้ำจืดมีส่วนในการดูดซับและลดปริมาณสารต่างๆได้ โดยเฉพาะสาหร่ายมีส่วนในการลดสารประกอบไนโตรเจนได้มากถึงแม้หอยแมลงภู่น้ำจืดจะเป็นตัวเพิ่มแอมโมเนียไนโตรเจนก็ตามตลอดระยะเวลาการเลี้ยง คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจน , ไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจนและบีโอดีเพิ่มขึ้นในขณะที่ในบ่อบำบัดค่าแอมโมเนียไนโตรเจน , ไนไตรท์-ไนโตรเจน , ไนเตรท-ไนโตรเจนและบีโอดีมีค่าลดลง

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การบำบัดน้ำทางชีววิทยามีหลายวิธีแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นซึ่งเป็นวิธีทางธรรมชาติที่ไม่ต้องใช้สารเคมีที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงควรนำมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำที่เกิดจากการทำนากุ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้สัตว์น้ำมาบำบัดน้ำทิ้งจากการทำนากุ้งจะมีข้อจำกัดเรื่องสิ่งขยับถ่ายจากสัตว์น้ำจะเป็นตัวเพิ่มแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ในขณะที่การใช้พืชน้ำหรือสาหร่าย สาหร่ายจะใช้ธาตุอาหารเหล่านั้นในการเจริญเติบโต และปรับปรุงคุณภาพน้ำไปด้วย

2.5 ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายพมนาง

สาหร่ายพมนาง (*Gracilaria fisheri*) เป็นสาหร่ายสีแดงจัดอยู่ในสกุล *Gracilaria* จัดอันดับทางอนุกรมวิธานโดย Aboott, Zhang & Xia ในปี 1991 (33)

division: Rhodophyta

Class : Rhodophyceae

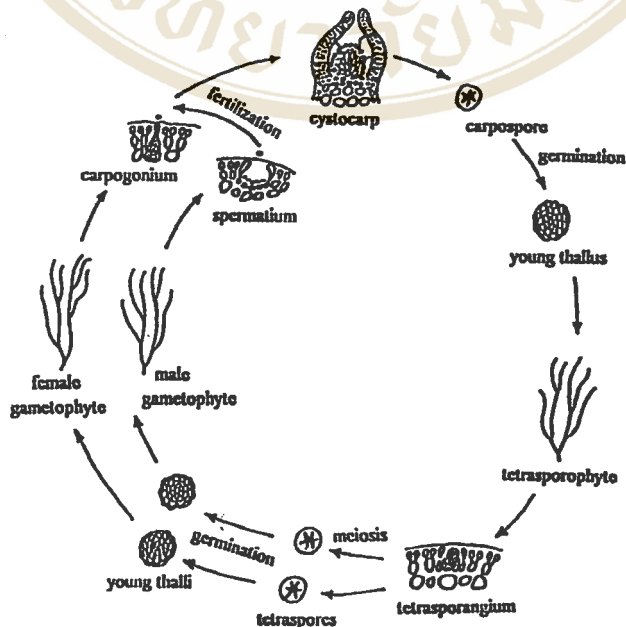
Subclass : Florideophycidae

Order : Gigartinales

Family : Gracilariaceae

Genus : *Gracilaria*

วงชีวิตของสาหร่ายสกุล *Gracilaria* จะดำรงชีวิตสลับระหว่างต้นมีเพศ (haploid gametophyte) และต้นไม่มีเพศ (diploid gametophyte) ในต้นมีเพศแบ่งเป็น 2 แบบคือ ต้นเพศผู้ผลิตเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (spermatangia) และต้นเพศเมียซึ่งผลิตเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (carpogonia) เมื่อเกิดการปฏิสนธิระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียจะเกิดซิสโตคาร์ป (cystocarp) เกาะอยู่บนท่อน้ำของเพศเมีย ภายในซิสโตคาร์ปประกอบด้วยคาร์โปสปอร์ซึ่งจะถูกปล่อยออกมาและเจริญเป็นต้นไม่มีเพศ (tetrasporophyte) เมื่อมันเจริญเต็มที่จะมีการผลิต tetrasporangium แล้วแบ่งตัวเป็นสปอร์ 4 ตัว เพื่อเจริญไปเป็น gametophyte เพศผู้ 2 ตัวและเพศเมีย 2 ตัว (33) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วงชีวิตของสาหร่ายสกุล *Gracilaria*

สาหร่ายผมนาง *Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang & Xia มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า *Polycavernosa fisheri* มีลักษณะดังนี้ ทัลลัสมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.7 - 1.5 มิลลิเมตร ประกอบกันเป็นพุ่มยาวประมาณ 16 - 44 เซนติเมตร แตกแขนงบริเวณโคนสั้นๆ หรือแตกจากแกนกลางสลับกัน 4 ครั้ง แขนงจะคอดตรงโคนและเรียวแหลมตรงปลาย (34) ดังรูปที่ 2.2

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อสาหร่ายผมนาง สาหร่ายผมนางจะเจริญบริเวณที่เป็นดินโคลนปนทรายโดยจมอยู่ใต้น้ำและในขณะที่น้ำลงจะไม่โผล่ขึ้นในอากาศ จะพบในน้ำที่ค่อนข้างจะขุ่นและความเค็มประมาณ 7 - 27 ส่วนในพัน หรือบางครั้งพบสาหร่ายเจริญอยู่ในเปลือกหอย ทั้งที่มีชีวิตอยู่หรือตายแล้ว บนเศษก้อนหิน กรวดทราย ถุงพลาสติก กระชังเลี้ยงปลาในบริเวณที่เป็นดินโคลนปนทราย (35)

สาหร่ายผมนางมีการแพร่กระจายทั่วไปบริเวณชายหาดของอ่าวไทยได้แก่ บริเวณเกาะยอ ทะเลสาบสงขลา และบริเวณอ่าวปัตตานี บ้านคาใต้ บ้านนุติ บ้านบางปู อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี (35)



รูปที่ 2.2 สาหร่ายผมนาง *Gracilaria fisheri* (34)

2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

การเจริญเติบโตของสาหร่าย ขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้เพราะนอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตแล้วยังมีผลต่อคุณภาพของสาหร่ายด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อสาหร่ายมีดังต่อไปนี้

1. แสง (Light) แสงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตของสาหร่าย จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์ แสงมีผลต่อการดูดซึมสารอาหารในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง (5) ความเข้มของแสงขึ้นอยู่กับความลึก ระดับน้ำ ความขุ่นของน้ำและความหนาแน่นของสาหร่ายด้วย การเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่นมากเกินไปจะทำให้ผลผลิตของสาหร่ายลดลงเนื่องจากสาหร่ายจะเกิดการบังแสงกันเอง (36)

2. อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายอยู่ในช่วง 20-28 องศาเซลเซียส (37)

3. การเคลื่อนตัวของน้ำ (Water movement) การเคลื่อนตัวของมวลน้ำมีผลต่อการแพร่กระจายของธาตุอาหาร สาหร่ายที่เลี้ยงในบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวของมวลน้ำมากจะดูดซับธาตุอาหารได้มาก วิวรรณ (25) ได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนางแบบผลผลิตสูงในบ่อดิน พบว่าสาหร่ายที่อยู่ในแถวที่ใกล้กับเครื่องตีน้ำจะมีผลผลิตมากกว่าสาหร่ายที่อยู่ในแถวที่ห่างออกไปจากเครื่องตีน้ำ เป็นผลที่สนับสนุนว่าการเคลื่อนตัวของมวลน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

4. ความเค็ม (salinity) สาหร่ายกลุ่ม Gracilaria เป็นสาหร่ายพวกที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็มจะสามารถอาศัยอยู่ในน้ำที่มีความเค็มในช่วง 15-50 ส่วนในพัน แต่จะเจริญเติบโตได้ดีที่ความเค็ม 20-35 ส่วนในพัน (38)

5. ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) โดยทั่วไป สาหร่ายกลุ่ม Gracilaria จะอาศัยในแหล่งน้ำทะเลที่มีพื้นดินที่มีลักษณะเป็นดินปนทรายและความขุ่นของน้ำไม่มากเนื่องจากความขุ่นจะเป็นตัวขวางปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง จากการสังเกตพบว่าสาหร่ายที่ปลูกในพื้นที่แถวปากแม่น้ำซึ่งมีความขุ่นมากผลผลิตสาหร่ายที่ได้จะแตกหักและมีสีซีดกว่าสาหร่ายที่ปลูกในน้ำที่ใสกว่า (38)

6. ธาตุอาหาร (Nutrient) เนื่องจากสาหร่ายสกุล Gracilaria ขึ้นได้หลากหลายสภาพแวดล้อม สาหร่ายจะใช้ธาตุอาหารที่มีในสภาพนั้น ๆ ในการเจริญเติบโต โดยใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน ฟอสเฟตเป็นแหล่งฟอสฟอรัส และน้ำเป็นแหล่งออกซิเจน สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำที่มีปริมาณธาตุอาหารมากไม่จำเป็นการเติมน้ำเสีย ปุ๋ยหรือการเลี้ยงร่วมกับสัตว์น้ำจะเป็นการเพิ่มการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ (39)

สำหรับในด้านการบำบัดน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียที่มีคุณภาพควรจะมีการบำบัดทั้งด้านกายภาพ ชีวภาพ และทางเคมี ซึ่งก็มีวิธีต่าง ๆ มากมาย แต่วิธีการใช้สาหร่ายก็เป็นอีกวิธีที่น่าสนใจ ในระบบที่มีการบำบัดโดยใช้สาหร่าย ออกซิเจนที่สาหร่ายผลิตออกมาจะถูกแบคทีเรียนำไปใช้ในการออกซิไดส์สารพิษต่างๆในน้ำ ในวัฏจักรนี้การเจริญเติบโตของสาหร่ายและการออกซิไดส์สารพิษต่าง ๆ ในน้ำจะเกิดขึ้นได้ต้องคำนึงด้วยว่าในระบบนั้น ๆ คุณภาพของน้ำและเวลาต้องเหมาะสมและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายด้วย

ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือระยะเวลา ธาตุอาหาร และความเข้มแสงที่พอเหมาะ ระหว่างที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตจะให้ออกซิเจนออกมดั่งสมการ (3)



นอกจากสาหร่ายจะช่วยเพิ่มออกซิเจนและลดธาตุอาหารในน้ำแล้ว การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายยังช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำด้วย ปริมาณของออกซิเจนที่ถูกผลิตออกมาจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ชนิด อายุของสาหร่าย และแหล่งของไนโตรเจนด้วย (39) สาหร่ายจะใช้ธาตุอาหารที่มีในน้ำเป็นแหล่งอาหารในการเจริญเติบโต โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งฟอสเฟตเป็นแหล่งฟอสฟอรัส น้ำและออกซิเจนในอากาศเป็นแหล่งออกซิเจน คาร์บอน แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจนแต่สาหร่ายจะใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนได้ดีกว่าการใช้ไนโตรเจนหรือไนเตรต (40) มีการศึกษาพบว่า สาหร่ายที่ใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนจะมีการเติบโตสูงกว่าสาหร่ายที่ใช้ไนเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจน (39) มีการศึกษาทดลองที่สนับสนุนว่าการเลี้ยงสาหร่าย *G. Verucosa* ในน้ำที่มีส่วนผสมของน้ำทิ้งหรือเลี้ยงร่วมกับสัตว์น้ำจะมีผลผลิตมากกว่าและคุณภาพของสาหร่ายจะดีกว่าสาหร่ายที่ไม่ได้เลี้ยงร่วมกับสัตว์น้ำเนื่องจากสัตว์น้ำจะขับถ่ายของเสียจำพวกแอมโมเนียออกมาเป็นธาตุอาหารสำหรับสาหร่ายใช้ในการเจริญเติบโต (41)

จะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของสาหร่าย มีปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ในขั้นตอนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในการทดลองครั้งนี้เราจะต้องควบคุมความหนาแน่นของสาหร่ายและระดับความลึกซึ่งมีผลต่อการรับแสงให้มีค่าในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย และทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย และเป็นตัวกำหนดคุณภาพน้ำด้วย ในการทดลองจะมีการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ อุณหภูมิ ความเค็ม ความโปร่งแสง ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความเป็นด่างของน้ำ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต และค่าบีโอดี

2.7 ประโยชน์ของสาหร่าย

มนุษย์รู้จักนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์มานานกว่า 4,000 ปีแล้ว (6) ปัจจุบันมีการนำสาหร่ายพืชมานำมาใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้านดังนี้

1. เป็นอาหารสำหรับมนุษย์ ในหลายประเทศทั่วโลก มีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อใช้ประกอบอาหารเพื่อการบริโภคทั้งที่เป็นสาหร่ายสดและสาหร่ายแห้ง (6) ในประเทศไทยทางภาคใต้ประชาชนนิยมนำสาหร่ายพืชมานึ่งสด ๆ มาลวกในน้ำร้อนแล้วนำมารับประทานแทนผัก หรือนำมาทำเป็นของหวานได้ ในประเทศญี่ปุ่น เกาหลี จีน มีการนำสาหร่ายในสกุล *Gracilaria* สด ๆ ที่รู้จักกันว่า “โกโนริ” มาใช้แทนผักในการทำสลัดด้วย (42)

2. เป็นอาหารสัตว์ ทางทวีปยุโรปนิยมใช้สาหร่ายทะเลมาใช้เลี้ยงสัตว์ ปัจจุบันมีการใช้สาหร่ายหลายชนิดมาใช้เป็นอาหารลูกกุ้ง หอย ปลา เกษตรกรนิยมเพาะเลี้ยงสาหร่ายพืชมานำมาใช้ในการเลี้ยงหอยเป่าอีกด้วย (6)

3. เป็นปุ๋ย มีการนำสาหร่ายมาทำเป็นปุ๋ยในการเกษตรของทวีปเอเชีย โดยนำสาหร่ายมาตากแห้งและใช้เป็นปุ๋ยโดยสาหร่ายพวกนี้จะสามารถอุ้มน้ำทำให้ดินชุ่มชื้นอยู่เสมอ (6) ในประเทศไทยนำกากของสาหร่ายพืชมานึ่งที่ได้หลังจากนำไปสกัดแล้วมาทำเป็นปุ๋ยได้

4. ใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดวุ้น (38) สาหร่ายในสกุล *Gracilaria* นำมาสกัดเป็นวุ้นเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมอาหารใช้ทำขนม ทำเยลลี่ แยม ในด้านการเกษตรใช้วุ้นเพื่อเป็นตัวเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อป้องกันแบคทีเรียเชื้อราหรือใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ ในด้านอุตสาหกรรมการผลิตยาใช้เป็นอิมัลซิฟายเออร์ในครีมต่าง ๆ และเป็นส่วนผสมในยาบางชนิด นอกจากนี้ยังใช้วุ้นเหล่านี้ในการผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อและใช้ในห้องปฏิบัติการทางจุลินทรีย์ด้วย

2.8 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย

มีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเป็นอุตสาหกรรมในหลาย ๆ ประเทศ เช่น ไต้หวัน จีน ซิลี เพื่อให้มีผลผลิตของสาหร่ายเพียงพอต่อความต้องการของตลาด จึงมีการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายให้เหมาะสมโดยต้องพิจารณาจากความเหมาะสมของพื้นที่ งบประมาณ และแรงงาน การเพาะเลี้ยงเนื่องจากสาหร่ายสามารถเพาะเลี้ยงได้หลายวิธีดังนี้

2.8.1 การเพาะเลี้ยงในบ่อดิน

ปัจจัยสำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในบ่อดินคือการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม โดยมีเกณฑ์การเลือกพื้นที่ดังนี้ พื้นที่ที่ใช้ทำบ่อควรอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งน้ำจืดและน้ำทะเล ปลอดภัยจากคลื่นลมแรง ค่าความเค็มของน้ำทะเลควรมีค่าประมาณ 15 - 24 ส่วนในพันในฤดูร้อน ความเค็มอาจมีค่าสูงขึ้นจนถึง 35 ส่วนในพัน และอาจลดลงถึง 8 ส่วนในพันในฤดูฝน จึงจำเป็นต้องมีแหล่งน้ำจืดหรือน้ำทะเลธรรมชาติเพื่อใช้ในการปรับความเค็ม (37) การเพาะเลี้ยงในบ่อดินสามารถทำได้หลายวิธีคือ

2.8.1.1 การหว่าน โดยทำการคัดเลือกต้นพันธุ์ของสาหร่ายในสกุล *Gracilaria* เลือกต้นพันธุ์ที่มีคุณภาพคือท่อนพันธุ์มีความยืดหยุ่น อวบอ้วน มีสีน้ำตาลเข้ม แข็งแรง มีการแตกแขนงที่ดี ลักษณะผิวสัมผัสเรียบและเป็นมัน นำท่อนพันธุ์เหล่านั้นมาทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและสาหร่ายชนิดอื่นๆออกไป ทำการตัดส่วนของสาหร่ายให้ได้ความยาวประมาณ 20 - 30 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นท่อนพันธุ์ ทำการโปรยท่อนพันธุ์สาหร่ายที่เตรียมไว้ให้มีความหนาแน่นประมาณ 0.4 - 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 50 - 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในบ่อเป็นประจำทุกวัน โดยให้ระดับน้ำอยู่เหนือสาหร่ายประมาณ 30 - 40 เซนติเมตรและเพิ่มขึ้นในฤดูร้อนเป็น 60 - 80 เซนติเมตรเพื่อป้องกันอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการหว่านไปได้ 2 - 3 เดือนสามารถทำการเก็บเกี่ยวครั้งแรกได้ และสามารถทำการเก็บเกี่ยวได้ทุก ๆ 20 - 40 วัน (38)

2.8.1.2 การสอดเส้นเชือก วิธีนี้เหมาะสมกับสภาพที่ดินพื้นบ่อที่เป็นดินโคลน หรือพื้นบ่อมีการทรุดทรอยหรือหินมากเกินไป วิธีนี้มีข้อดีคือสาหร่ายจะได้รับธาตุอาหารจากน้ำที่ไหลเวียนอยู่รอบอย่างทั่วถึงและมีพื้นที่ในการเจริญเติบโตมากขึ้น วิธีนี้นิยมใช้เพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์เนื่องจากใช้งบประมาณในการลงทุนค่อนข้างน้อย (42) พื้นที่ที่ใช้ต้องมีการเคลื่อนไหวของน้ำปานกลาง เมื่อเลือกพื้นที่ได้แล้วทำการปักหลักด้วยไม้ไผ่ให้ห่างกันประมาณ 6 - 10 เมตร นำเชือกไนลอนจึงระหว่างไม้ทั้งสองให้สูงจากพื้นบ่อ 0.3 - 0.5 เมตร ในแต่ละแถวให้ห่างกัน 1 เมตร หลังจากนั้นทำความสะอาดสาหร่ายและนำมาผูกติดกับเชือกไนลอนด้วยเชือกพลาสติกให้แต่ละช่วงห่างกัน 20 - 25 เซนติเมตร หลังจากนั้น 2 - 3 เดือนทำการเก็บเกี่ยวสาหร่ายโดยตัดให้เหลือท่อนพันธุ์ไว้เล็กน้อยเพื่อทำการเพาะเลี้ยงต่อไป

2.8.1.3 การเลี้ยงโดยใช้ตาข่าย วิธีนี้สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ในบ่อดิน ใช้ในการเพาะเลี้ยงเชิงอุตสาหกรรมเพื่อป้องกันการทะลุสหาร่ายของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ และยังง่ายต่อการตรวจสอบและเก็บเกี่ยวผลผลิตด้วย เริ่มต้นด้วยการเตรียมบ่อ ทำความสะอาดบ่อ กำจัดเศษวัสดุตกค้าง ตากบ่อ หลังจากนั้นสูบน้ำเข้าบ่อที่ระดับ 60 - 80 เซนติเมตร การเพาะเลี้ยงใช้แผงตาข่ายขนาด $1 \times 0.5 \times 0.7$ ลูกบาศก์เมตร ขนาดตาของตาข่าย 5 มิลลิเมตร บรรจุท่อนพันธุ์สหาร่ายที่มีความยาว 10 - 15 เซนติเมตร ปริมาณ 200 - 250 กรัมต่อแผง (เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 400 - 500 กรัมต่อตารางเมตร) วางตาข่ายบนพื้นบ่อด้วยความหนาแน่น 16 แผงต่อ 200 ตารางเมตร ตลอดการทดลองใส่ปุ๋ยยูเรีย 30 กรัมต่อ 10 ตารางเมตรทุก ๆ 2 สัปดาห์ การเก็บเกี่ยวทำได้หลังจากเพาะเลี้ยงไปแล้ว 45- 60 วัน (43)

ในประเทศไทย วิวรรณ (25) ได้ศึกษาการเลี้ยงสหาร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* แบบผลผลิตสูงในบ่อดิน โดยทำการทดลองเลี้ยงสหาร่ายพมนางที่ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จันทบุรีในบ่อดินขนาด 0.5 ไร่ สูบน้ำทะเลเข้าบ่อที่ระดับความลึกประมาณ 1.0 - 1.20 เมตร ภายในบ่อปักหลักไม้ไผ่ห่างเป็นระยะแล้วผูกราวไม้ไผ่ติดกับหลักสูงจากพื้นบ่อ 50 เซนติเมตร สำหรับวางแผงตาข่ายขนาด 3 ตารางเมตร แบ่งเป็น 4 แถว ๆ ละ 15 แผง รวม 60 แผง แผงตาข่ายใช้แผงพลาสติกสีดำขนาดตา 0.7×0.7 ตารางเซนติเมตร ด้านบนปิดทับด้วยตาข่ายขนาดตา 1.0×1.0 ตารางเซนติเมตร เลี้ยงสหาร่ายพมนางด้วยความหนาแน่น 1,500 กรัมต่อแผง (500 กรัมต่อตารางเมตร) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46 - 0 - 0 จำนวน 300 กรัมทุกสัปดาห์ และให้อากาศด้วยเครื่องตีน้ำแบบ 2 ใบพัดตลอดการทดลองเป็นเวลา 8 เดือน พบว่าเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงสหาร่ายจำนวน 90 กิโลกรัมในเวลา 8 เดือนได้น้ำหนักสหาร่ายเพิ่มขึ้นทั้งหมด 141,445 กรัม โดยเก็บเกี่ยวได้น้ำหนักเพิ่มสูงสุดใน 4 เดือนแรกและสูงสุดในเดือนที่ 3 สหาร่ายที่ในแถวที่อยู่ติดกับเครื่องตีน้ำที่มีน้ำเคลื่อนไหวตลอดเวลา เจริญเติบโตได้ดีกว่าสหาร่ายในแถวอื่น ๆ เนื่องจากน้ำจะพัดพาเอาธาตุอาหารที่อยู่เบื้องล่างขึ้นมาสู่ผิวหน้า ในช่วงการทดลองมีคุณภาพน้ำในบ่อทดลองดังนี้ ค่าความเค็มอยู่ในช่วง 2 - 36 ส่วนในพัน ความเป็นด่าง 17 - 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.91 - 8.30 ไนโตรเจนในโตรเจนอยู่ในช่วง 0 - 0.5945 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน 0 - 0.3006 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในช่วง 0 - 0.6153 มิลลิกรัมต่อลิตร ออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0 - 0.0266 มิลลิกรัมต่อลิตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำ 0 - 21.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้างอยู่ในช่วง 409.98 - 7,087.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และแคลเซียมอยู่ในช่วง 25.58 - 537.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันอยู่ในช่วง 32,725.00 - 72,133.33 ลักซ์

เกรียงไกร (36) ได้ทดลองใช้สาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* ช่วยลดปริมาณแอมโมเนียในไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟตในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยทำการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนางในบ่อเลี้ยงกุ้งและบ่อรับน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายในบ่อรับน้ำทิ้งได้ผลผลิตดีกว่าเลี้ยงในบ่อเลี้ยงกุ้งเนื่องจากกุ้งในบ่อเลี้ยงจะทำลายสาหร่าย จากนั้นจึงทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนางในบ่อรับน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีระดับน้ำเข้าออกตามธรรมชาติระหว่าง 0.2 - 1.5 เมตร โดยวิธีสอดเส้นเชือก ใช้สาหร่าย 0.5 กิโลกรัมต่อเชือก 1 เส้นความยาว 10 เมตร จำนวนทั้งหมด 16 เส้นเลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตระหว่าง 30.70% - 34.22% โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจนสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 4 และเริ่มลดลงต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 หลังเนื่องจากสาหร่ายเกิดการบังแสงกันเอง ในระยะเวลา 8 สัปดาห์น้ำหนักสาหร่ายเพิ่มขึ้นจาก 8.00 กิโลกรัมเป็น 93.28 กิโลกรัม

อรุณี (24) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายเขากวาง *Gracilaria changii* ในกระชังในบ่อดิน โดยทำการทดลองในบ่อดินขนาด 1,200 ตารางเมตร สูบน้ำเข้าบ่อที่ระดับความลึก 1.3 เมตร โดยสูบน้ำสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง นำสาหร่ายเลี้ยงในกระชังขนาด $0.8 \times 0.8 \times 0.8$ เมตร โดยใช้น้ำหนักสาหร่าย 500 , 1,000 , 1,500 , และ 2,000 กรัมต่อกระชัง เลี้ยงใน 2 ระดับคือ เลี้ยงในกระชังลอยที่บริเวณใกล้ฝั้วน้ำที่ระดับความลึกประมาณ 30 เซนติเมตรจากฝั้วน้ำ และอีกชุดคือ เลี้ยงในกระชังจมบริเวณที่พื้นบ่อลึก 1.3 เมตร ใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 1 กรัมต่อตารางเมตรทุก ๆ สัปดาห์ ตลอดการทดลองเป็นระยะเวลา 4 เดือน ผลการทดลองพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายที่น้ำหนักเริ่มต้น 500 กรัมในกระชังลอยบริเวณใกล้ฝั้วน้ำมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดคือ 21.22 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน รองลงมาคือน้ำหนักเริ่มต้น 1,000 กรัมในกระชังลอยใกล้ฝั้วน้ำมีอัตราการเจริญเติบโต 19.53 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน และชุดการทดลองที่มีอัตราเจริญต่ำที่สุด 4.81 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน คือชุดที่น้ำหนักเริ่มต้น 2,000 กรัมในกระชังจมบริเวณพื้นบ่อสรุปได้ว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายที่ความหนาแน่นต่ำจะดีกว่าที่ความหนาแน่นสูง และที่ระดับฝั้วน้ำมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าที่ระดับพื้นบ่อ

2.8.2 การเพาะเลี้ยงในทะเล

การเลี้ยงสาหร่ายในทะเลเป็นที่นิยมในหลาย ๆ ประเทศ สามารถทำได้โดยใช้ท่อนพันธุ์หรือใช้สปอร์ก็ได้ แต่นิยมที่จะใช้ท่อนพันธุ์มากกว่า (39) การเลี้ยงทำได้หลาย ๆ วิธี คือ

2.8.2.1 การเลี้ยงโดยใช้เส้นเชือกหรือตาข่าย โดยนำสาหร่ายที่คัดเลือกแล้วมาทำความสะอาดแล้วมาผูกหรือพันกับเชือกหรือตาข่าย นำไปยึดติดกับทุ่นลอยน้ำที่ระดับความลึกที่ต้องการ วิธีนี้มักใช้ในที่มีระดับน้ำค่อนข้างลึกหรือในน้ำที่มีความขุ่นหรือสิ่งสกปรกมากเป็นที่นิยมในหลายประเทศ เช่น จีน อินเดีย บราซิล (39)

2.8.2.2 การเลี้ยงที่ระดับพื้นท้องน้ำ (39) ในประเทศชิลี ได้พยายามเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้วัสดุธรรมชาติ เลี้ยงโดยการผูกสาหร่ายกับท่อนไม้แล้วฝังลงไปบนพื้นดิน ใช้เชือกผูกท่อนพันธุ์ลงไปบนก้อนหิน หรือใช้ท่อนพันธุ์ฝังลงไปบนดินโดยตรง จากการศึกษาพบว่า การเลี้ยงโดยผูกท่อนพันธุ์บนไม้แล้วนำไปปักบนดินจะให้ผลผลิตที่ดีที่สุด แต่ถ้าเลี้ยงโดยฝังลงไปบนพื้นดินโดยตรงจะประหยัดแรงงานและใช้งบประมาณในการลงทุนน้อยกว่า อีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจก็คือผูกท่อนพันธุ์สาหร่ายให้ติดกับถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนทรงกระบอกที่บรรจุด้วยทรายแล้ววางบนพื้นท้องน้ำ วิธีนี้มีประโยชน์คือเมื่อทำการเก็บเกี่ยวสาหร่ายแล้วสามารถใช้ท่อนพันธุ์ที่ติดกับถุงพลาสติกเพาะเลี้ยงต่อไปได้อีก

ในประเทศไทย สุธีวัฒน์ (45) ได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายสีแดง *Euchema* spp. ในบ่อซีเมนต์และในทะเล โดยมีการทดลองเลี้ยงสาหร่ายแบบผูกติดกับเชือกเอ็นไพลอนและแบบแขวนในแนวตั้งด้วยเชือกเอ็นไพลอน ในทะเลบริเวณจังหวัดระยองและจังหวัดบุรีรัมย์เปรียบเทียบกับ การเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ พบว่าการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์สาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่าที่ควร มีสาหร่ายชนิดอื่นขึ้นปกคลุมลำต้นสาหร่ายและเกิดปัญหาสาหร่ายมีสีซีด ในขณะที่การเลี้ยงในทะเลพบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตดีกว่า ลำต้นมีสีเขียวเข้มอมน้ำตาล อวบและแข็งแรงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ สำหรับสาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ที่มีความเค็มต่ำจะมีลำต้นที่อ่อนนุ่มกว่าที่เลี้ยงในทะเลที่มีความเค็มสูงกว่าและสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำที่มีความใสมากกว่าและมีเศษวัสดุเจือปนน้อยกว่าจะมีการแตกแขนงที่ดีกว่าด้วย

กมลิตและคุลิต (46) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri* บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอกในแพงอวนประกอบ 2 ชั้นขนาด 3.2×1.2 ตารางเมตร ด้วยความหนาแน่น 2 กิโลกรัมต่อแพง จำนวน 9 แพง (น้ำหนักรวม 18 กิโลกรัม) บริเวณแหล่งเลี้ยงปลากระพงขาว ทะเลสาบสงขลาตอนนอก ที่ระดับความลึก 50 - 70 เซนติเมตรได้ฟิวน้ำเป็นเวลา 3 เดือน และทำการทดลองแบบเก็บเกี่ยวผลผลิตทุก ๆ เดือนและเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งเดียว โดยการทดลองที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทุกเดือนจะใช้กรรไกรตัดสาหร่ายให้เหลือแต่ต้นพันธุ์ยาวประมาณ 1 นิ้ว จากผลการทดลองพบว่า การทดลองที่เก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งเดียวได้ผลผลิตรวม 97.1 กิโลกรัม และการทดลองที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทุกเดือนได้ผลผลิตของสาหร่ายทั้งหมด 88.7 กิโลกรัม

2.8.3 การเพาะเลี้ยงร่วมกับสัตว์น้ำอื่น ๆ

สาหร่าย *Gracilaria fisheri* สามารถเพาะเลี้ยงร่วมกับสัตว์น้ำต่าง ๆ ได้ เช่น กุ้ง หอย หรือ ปลา โดยเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 0.4 - 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับปลา 1 ตัว หรือ กุ้ง 1 - 2 ตัว ต่อตารางเมตร ให้อาหารสำหรับสัตว์น้ำด้วย จะจับปลาได้เมื่อเลี้ยงไปได้นาน 3 เดือนและจะจับกุ้งได้เมื่อเลี้ยงไปได้ 4 - 7 เดือน วิธีนี้เป็นที่นิยมในประเทศไต้หวัน หรือจะเลี้ยงร่วมกับปลาประเภทกินเนื้อโดยเลี้ยงปลาในกระชังแล้วนำสาหร่ายที่ผูกติดกับเชือกมาผูกติดไว้กับกระชังให้สาหร่ายอยู่ใต้ผิวน้ำในระดับที่เหมาะสมและได้รับแสงเพียงพอต่อการสังเคราะห์แสง (38)

สุชาติ (47) ได้ทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายพม nang โดยทำการเพาะเลี้ยงในบ่อดิน ขนาด 2 ไร่ จำนวน 2 บ่อ ความลึกของน้ำ 80 เซนติเมตร ความเค็ม 29 - 38 ส่วนในพัน ปล่อยุ้งกุลาดำ 32,000 ตัวต่อบ่อ เลี้ยงสาหร่ายในกระเบขนาด 1.0 X 2.0 X 0.3 ลูกบาศก์เมตร ด้วยความหนาแน่น 1 กิโลกรัมต่อกระเบ (500 กรัมต่อตารางเมตร) จำนวนทั้งหมด 20 กระเบเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าหลังจากสิ้นสุดการทดลอง ผลผลิตของกุ้งกุลาดำในบ่อที่เลี้ยงกุ้งอย่างเดียวมีผลผลิต 627.5 กิโลกรัม ขณะที่บ่อที่เลี้ยงกุ้งร่วมกับสาหร่ายได้ผลผลิตกุ้ง 416.0 กิโลกรัม และผลผลิตของสาหร่ายเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มต้นทดลอง 20.00 กิโลกรัมเป็น 59.5 กิโลกรัม ผลผลิตของกุ้งที่เลี้ยงร่วมกับสาหร่ายพม nang มีปริมาณต่ำกว่าเนื่องจากกุ้งจะขาดออกซิเจนในเวลากลางคืน ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงจะให้ผลผลิตสูงในช่วงการทดลอง 2 เดือนแรกและจะลดลงต่ำสุดในเดือนที่ 3 ด้านการเก็บเกี่ยวถ้าเก็บเกี่ยวแบบเดือนละ 1 ครั้ง จะให้ผลผลิตที่ดีกว่าการเก็บเกี่ยวครั้งเดียวตลอดการทดลอง

วิวรรณและอรุณ (48) ได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายพม nang *Gracilaria fisheri* ที่ความหนาแน่น 2 ระดับร่วมกับปลานิลสีแดง โดยเลี้ยงสาหร่ายพม nang ร่วมกับปลานิลสีแดงในบ่อซีเมนต์ขนาด 20 ตัน เลี้ยงสาหร่ายในแผงพลาสติกสีดำขนาด 1.0 X 1.0 ตารางเมตร จำนวน 16 แผงต่อบ่อ เป็นเวลาทั้งหมด 10 สัปดาห์ ใช้ความหนาแน่นของสาหร่าย 500 กรัม และ 1,000 กรัมต่อตารางเมตร และปลานิล 500 ตัวต่อบ่อ ระดับน้ำทะเลในบ่อ 80 เซนติเมตร เลี้ยงสาหร่ายที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรจากผิวน้ำ เปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ทุกสัปดาห์ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการเลี้ยงสาหร่ายที่มีความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรร่วมกับปลานิลสีแดงให้ผลผลิตสาหร่ายเพิ่มเฉลี่ยสูงสุดคือ 848.8 กรัมต่อตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายพม nang 1,000 กรัมต่อตารางเมตรร่วมกับปลานิลสีแดงให้ผลผลิตเพิ่มเฉลี่ย 504.4 กรัมต่อตารางเมตร เลี้ยงสาหร่ายพม nang 500 กรัมต่อตารางเมตรอย่างเดียวให้ผลผลิต 472.5 ต่อตารางเมตร และเลี้ยงสาหร่ายพม nang 1,000 กรัมต่อตารางเมตรอย่างเดียวให้ผลผลิตเพิ่มเฉลี่ย 33.8 กรัมต่อตารางเมตร ในด้านคุณภาพน้ำในบ่อที่เลี้ยงปลานิลสีแดงเพียงอย่างเดียวมีคุณภาพน้ำทุกพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ส่วนในบ่อที่เลี้ยงปลานิลร่วมกับสาหร่ายพม nang มีคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงลดลงดังนี้ บ่อที่เลี้ยงปลานิลสีแดงเพียงอย่างเดียวมีค่า

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0 - 3.0702 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.0021 - 0.2155 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน 0 - 0.3979 มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โธฟอสเฟต 0.0071 - 1.0192 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการเลี้ยงสาหร่าย 500 กรัมต่อตารางเมตรอย่างเดียวมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.0003 - 0.9916 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจน 0 - 0.7429 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน 0 - 0.2835 มิลลิกรัมต่อลิตร ออร์โธฟอสเฟต 0 - 0.9001 มิลลิกรัมต่อลิตร การเลี้ยงสาหร่าย 500 กรัมต่อตารางเมตรร่วมกับปลานิลมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0 - 0.5455 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจน 0 - 0.2155 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน 0 - 0.2225 มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โธฟอสเฟต 0.0021 - 0.9001 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อที่เลี้ยงสาหร่าย 1,000 กรัมต่อตารางเมตรมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0 - 1.4656 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจน 0 - 0.1474 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน 0 - 0.1361 มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โธฟอสเฟต 0 - 0.9993 มิลลิกรัมต่อลิตรและในบ่อที่เลี้ยงสาหร่ายพมวง 1,000 กรัมร่วมกับปลานิลมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.0004 - 1.9984 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจน 0 - 0.2155 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน 0 - 0.1677 มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โธฟอสเฟต 0 - 0.9993 มิลลิกรัมต่อลิตร

วชิรชน (49) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมวง *Gracilaria fisheri* ร่วมกับปลานิลสีแดง โดยเลี้ยงสาหร่ายบนแผงอวนขนาด 1.0×1.0 ตารางเมตรด้วยความหนาแน่น 750 กรัม และ 1,500 กรัมต่อตารางเมตรร่วมกับปลานิลสีแดง 50 ตัว ในบ่อขนาด 1.6×1.6 ตารางเมตร ลึก 1 เมตร วางแผงอวนที่ระดับความสูง 20 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ ให้อากาศตลอดการทดลองนาน 8 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ การเจริญเติบโตของสาหร่ายและปลาทุกๆ สัปดาห์ จากการทดลองพบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลสีแดงมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อควบคุมและสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 750 กรัมต่อตารางเมตรมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 1,500 กรัมต่อตารางเมตรโดยสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นเริ่มต้นเท่ากับ 750 กรัมต่อตารางเมตรมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 1.24 % ต่อวันและสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นเริ่มต้นเท่ากับ 1,500 กรัมต่อตารางเมตรมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 1.13 % ต่อวัน สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นเริ่มต้นเท่ากับ 750 กรัมต่อตารางเมตรร่วมกับปลานิลสีแดงมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 2.23% ต่อวัน และสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นเริ่มต้นเท่ากับ 1,500 กรัมต่อตารางเมตรร่วมกับปลานิลสีแดงมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 1.60 % ต่อวัน การเก็บเกี่ยวสาหร่ายควรมีการเก็บเกี่ยวเป็นระยะเนื่องจากจะให้ผลผลิตที่ดีกว่าและเป็นการช่วยไม่ให้สาหร่ายมีความหนาแน่นมากเกินไป ซึ่งจะทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีขึ้น

2.8.4 การเพาะเลี้ยงในถังหรือบ่อซีเมนต์

การเลี้ยงด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องควบคุมให้สาหร่าย ได้รับแสง ธาตุอาหาร และอากาศอย่างเพียงพอโดยใช้ใบพัด บ่อที่ใช้มีหลายลักษณะ เช่นรูปตัววี ตัวยู หรือบ่อสี่เหลี่ยมธรรมดา ผลผลิตของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นถ้าเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทะเลผสมน้ำเสียจากชุมชน สาหร่ายจะสามารถลดธาตุอาหารในน้ำเสียได้ด้วย จากการศึกษาสาหร่ายจะลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ นอกจากนี้ถ้าเลี้ยงสาหร่ายร่วมกับสัตว์น้ำบางชนิด เช่นเลี้ยงหอยร่วมกับสาหร่ายในถังจะทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นด้วย (39)

มีการทดลองเลี้ยงสาหร่ายสีแดง *Euchema* spp. ในบ่อซีเมนต์และในทะเล (45) โดยเปรียบเทียบการเลี้ยงสาหร่ายในบ่อซีเมนต์ บ่อดิน และในทะเล โดยในบ่อซีเมนต์ได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายโดยผูกติดกับเชือกและเลี้ยงด้วยน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว พบว่าสาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ระยะหนึ่งต่อไปจะเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อยและเกิดปัญหาสาหร่ายชนิดอื่นๆขึ้นปกคลุมลำต้นสาหร่าย สาหร่ายที่เลี้ยงจะมีสีซีดจนทำให้สาหร่ายตายไป ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อดินและในทะเลจะมีคุณภาพดีกว่า ลำต้นอวบและแข็งแรงกว่าด้วย

จะเห็นได้ว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมีหลายวิธีตามความเหมาะสม สำหรับการทดลองครั้งนี้เลี้ยงสาหร่ายผสมนางในแพลงดาข่ายพลาสติกสีดำ ในบ่อดินที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาด 1,600 ตารางเมตร บ่อที่ใช้เป็นบ่อที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ในการทดลองจึงเลือกเลี้ยงสาหร่ายในแพลงดาข่ายเนื่องจากทำได้ง่ายและไม่ต้องใช้แรงงานมากนัก อีกทั้งยังง่ายต่อการควบคุมตรวจสอบและเก็บเกี่ยวผลผลิตด้วย ทางด้านความหนาแน่นที่ใช้เลี้ยง R. Perez (38) และบทความเรื่อง Seaweed culture ใน Aquafarm news (43) แนะนำว่าควรเลี้ยงสาหร่ายในบ่อดินด้วยความหนาแน่น 400 - 500 กรัมต่อตารางเมตร เช่นเดียวกับการทดลองของวิวรรธน์และอรุณ (48) ซึ่งทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนางร่วมกับปลานิลสีแดง ได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนางที่ความหนาแน่น 2 ระดับคือ 500 และ 1,000 กรัมต่อตารางเมตร ผลการทดลองพบว่าการเลี้ยงสาหร่ายที่ความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรจะให้ผลผลิตของสาหร่ายผสมนางมากกว่าการเลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 1,000 กรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นในการทดลองศึกษาครั้งนี้จึงเลี้ยงสาหร่ายผสมนางที่ความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรด้วย ในด้านระดับความลึกที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย วิวรรธน์ (25) เลี้ยงสาหร่ายแบบผลผลิตสูงในบ่อดินที่ระดับสูงจากพื้นบ่อ 50 เซนติเมตร และ 50 - 70 เซนติเมตรจากผิวน้ำ อรุณ (24) ทดลองเลี้ยงสาหร่ายเขากวางที่ความหนาแน่นต่าง ๆ กันในบ่อดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำและ 100 เซนติเมตรจากพื้นบ่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในกระชังจมนบริเวณพื้นบ่อที่ลึก 1.3 เมตร พบว่าการเลี้ยงในกระชังลอยที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำให้ผลผลิตสาหร่ายที่ดีกว่าเนื่องจากการเลี้ยงในกระชังจมนสาหร่ายจะตายเนื่องจากมีตะกอนปกคลุมเป็นจำนวนมากบทความเรื่อง

Seaweed culture ใน Aquafarm news แนะนำให้เลี้ยงสาหร่ายโดยให้ระดับน้ำในบ่ออยู่เหนือสาหร่าย 60 - 80 เซนติเมตร และ R.Perez (38) แนะนำให้ระดับน้ำอยู่เหนือสาหร่ายประมาณ 30 - 40 เซนติเมตรและเพิ่มขึ้นในฤดูร้อนเป็น 60 - 80 เซนติเมตรเพื่อป้องกันอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงทดลองเลี้ยงสาหร่ายที่ระดับความสูงจากพื้นบ่อ 70 เซนติเมตรและ 80 เซนติเมตรได้ผิวน้ำ



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ภายใต้สภาวะการณ์ธรรมชาติและทดลองในพื้นที่จริง สามารถแสดงรายละเอียดการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

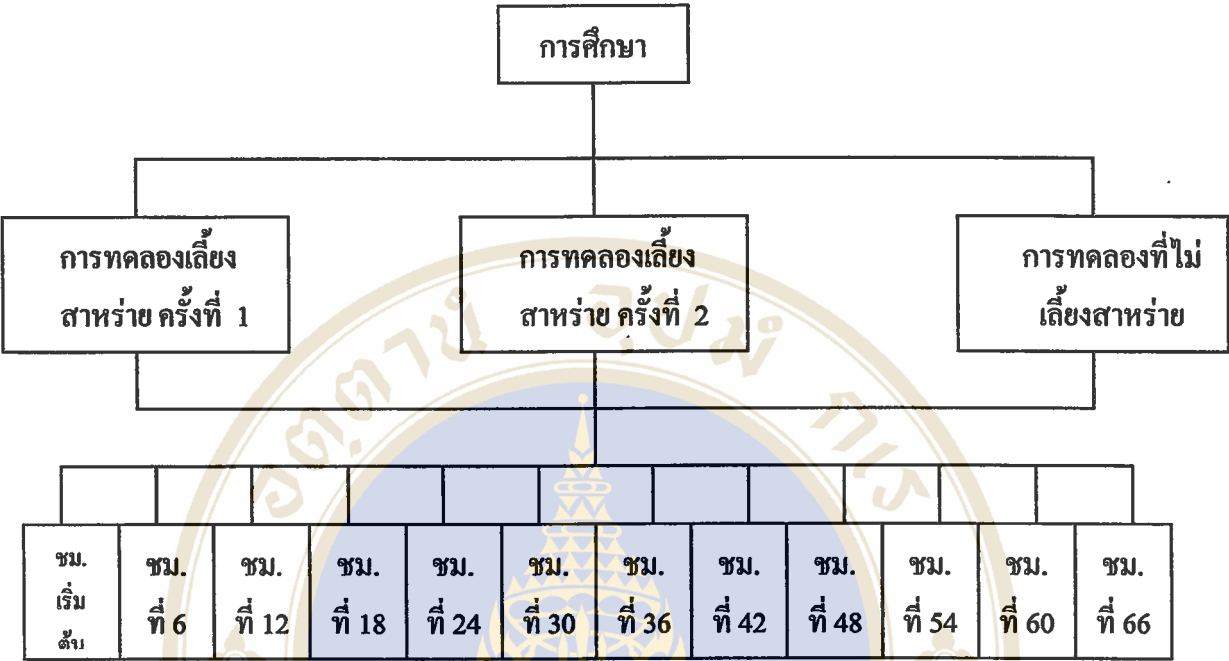
3.1 การออกแบบการวิจัย

การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบ่อที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* 1,500 กรัมต่อแพลง จำนวน 80 แพลง ทำการทดลอง 2 ครั้ง และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* โดยเก็บตัวอย่างและศึกษาคุณภาพน้ำทุกๆ 6 ชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมด 66 ชั่วโมง

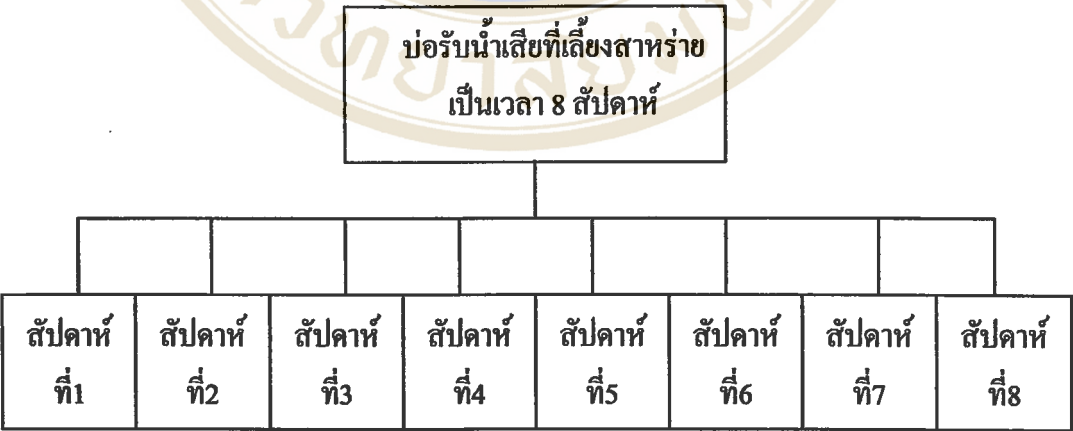
ตอนที่ 2 ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* ที่เลี้ยงในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำทำการทดลองทั้งหมด 8 สัปดาห์ โดยชั่งน้ำหนักสาหร่ายทุกๆ 2 สัปดาห์ พร้อมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบ่อทดลองทุกๆ สัปดาห์ สามารถแสดงแผนการทดลองดังรูปที่ 3.1

การทดลองตอนที่ 1



ศึกษาคุณภาพน้ำในชั่วโมงเริ่มต้นและชั่วโมงที่ 6 , 12 , 18 , 24 , 30 , 36 , 42 , 48 , 54 , 60 , 66

การทดลองตอนที่ 2



ศึกษาคุณภาพน้ำทุกสัปดาห์และชั่งน้ำหนักสำหรับในสัปดาห์ที่ 2 , 4 , 6 , และ 8

รูปที่ 3.1 แผนการทดลองในการทดลองเสียงสำหรับพมนางเพื่อบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

3.2 สถานที่ทำการทดลอง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำการทดลองในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของสมาพันธ์ฟาร์ม ตั้งอยู่ที่ตำบลเนินพระ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง และห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดระยอง ตำบลตะพง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

3.3 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ทำการวิจัยตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 โดยมีการเตรียมการทดลองในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2542 และทำการทดลองตอนที่ 2 ในเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542 หลังจากนั้นทำการทดลองตอนที่ 1 ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542

3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.4.1 อุปกรณ์สำหรับบ่อดทดลอง

3.4.1.1 บ่อดทดลองเป็นบ่อดิน ขนาดกว้าง 10 เมตร ยาว 160 เมตร จำนวน 1 บ่อ

3.4.1.2 เครื่องสูบน้ำ 1 เครื่อง

3.4.2 อุปกรณ์สำหรับเลี้ยงสาหร่าย

3.4.2.1 แผงตาข่ายพลาสติก ขนาดตา 1.0X1.0 ตารางเซนติเมตร ความกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร จำนวน 80 แผง

3.4.2.2 แผงตาข่ายพลาสติก ขนาดตา 0.6X0.6 ตารางเซนติเมตร ความกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร จำนวน 80 แผง

3.4.2.3 เชือกไนลอน

3.4.2.4 แผงไม้ไผ่ขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 20 เมตร จำนวน 8 แผง

3.4.3 อุปกรณ์สำหรับชั่งน้ำหนักสาหร่าย

3.4.3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบตัวเลข maximum load 60 kg

3.4.4 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ

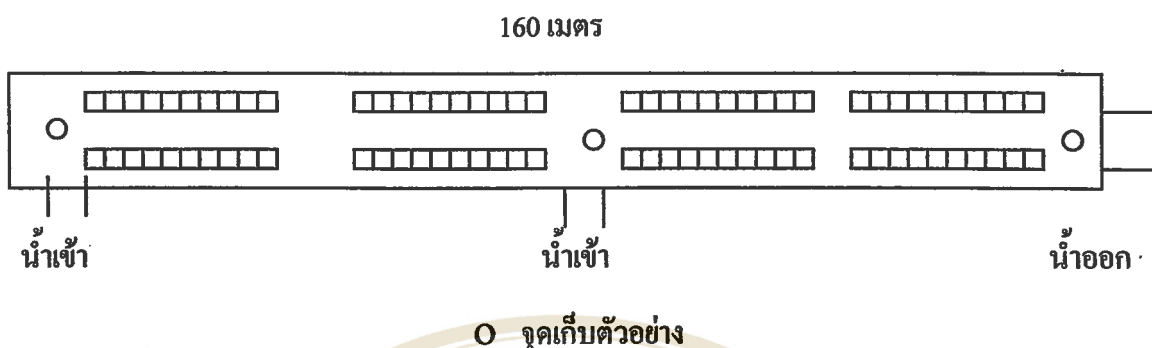
3.4.4.1 ขวดพลาสติกขนาดความจุ 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 9 ใบ

3.4.5 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

- 3.4.5.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3.4.5.2 เครื่องวัดความเค็ม (Salino – Refractometer) ยี่ห้อ ATAGO
- 3.4.5.3 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิแบบตัวเลข (pH meter) ยี่ห้อ Hanna Instrument. รุ่น HI 931000
- 3.4.5.4 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
- 3.4.5.5 ตู้อบ (Hot air oven)
- 3.4.5.5 โถดูดความชื้น (Desiccator)
- 3.4.5.6 กรวยพลาสติก
- 3.4.5.7 กระดาษกรอง Whatman
- 3.4.5.8 Secchi disc
- 3.4.5.9 ขวด BOD ขนาด 300 มิลลิลิตร
- 3.4.5.10 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Cooling Incubator)
- 3.4.5.11 เครื่องแก้ว
- 3.4.5.12 Column สำหรับวิเคราะห์ในเครื่อง
- 3.4.5.13 เครื่องวัดความเข้มแสง

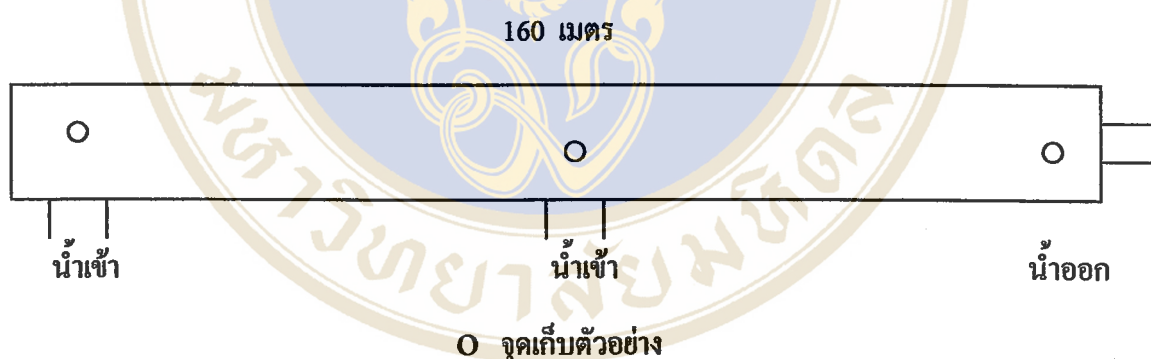
3.5 วิธีดำเนินการวิจัย

3.5.1 การเตรียมบ่อดกลอง บ่อดกลองที่ใช้เป็นบ่อดินขนาด 1,600 ตารางเมตร มีความกว้าง 10 เมตร และยาว 160 เมตร มีประตูที่ใช้ระบายน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจำนวน 2 ประตู และประตูระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว 1 ประตู ภายในบ่อดกลองมีไม้ไผ่ให้ขนานกัน 2 แถวตามแนวยาวสำหรับผูกทุ่นลอยที่มีแผงตาข่ายที่มีสาหร่าย *Gracilaria fisheri* บรรจุอยู่ใต้ทุ่นที่ระดับ 80 เซนติเมตรใต้ผิวน้ำ ปล่องน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกลาดำให้มีความสูง 1.50 เมตร โดยน้ำเสียในการทดลองได้มาจากบ่อเลี้ยงกุ้งขนาด 4 ไร่ ที่เลี้ยงกุ้งจำนวน 150,000 ตัวต่อบ่อและมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นประจำสัปดาห์ละ 1 ครั้งจำนวน 2 บ่อ รายละเอียดของบ่อดกลองที่เลี้ยงสาหร่ายผมนางแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างและบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพวงมาลัย

การทดลองที่ไม่เสี่ยงสาหร่ายพมมานาง มีรายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างและบ่อทดลองดัง
แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างและบ่อทดลองที่ไม่เลี้ยงสาหร่ายพวงมาลัย

3.5.2 การเตรียมสาหร่ายผมนางที่ใช้ในการทดลอง รวบรวมสาหร่ายผมนางที่จะใช้ในการทดลองจำนวน 120 กิโลกรัม มาทำความสะอาด กำจัดสิ่งปนเปื้อนและสาหร่ายชนิดอื่นออก ชั่งน้ำหนักสาหร่ายตามแผนการทดลองแล้วนำมาใส่แพงดักย่อยพลาสติกที่เตรียมไว้

3.5.3 การเตรียมแผงตาข่ายพลาสติก แผงตาข่ายที่ใช้ในการทดลองเป็นแผงตาข่ายพลาสติก สีดำ จำนวน 80 แผงแต่ละแผงมีขนาด 3 ตารางเมตร ขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร ด้านพื้นใช้ตาข่ายพลาสติกขนาดตา 0.6 X 0.6 ตารางเซนติเมตร และด้านบนใช้ตาข่ายขนาดตา 1.0 X 1.0 ตารางเซนติเมตร หลังจากบรรจุสาหร่ายที่ใช้ในการทดลองเรียบร้อยแล้วให้เย็บปลายด้วยเชือกไนลอน

3.5.4 วิธีการทดลอง เมื่อเตรียมบ่อทดลอง สำหรับและแผงตาข่ายเรียบร้อยแล้ว สำหรับการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ซึ่งนำหนักสาหร่าย 1,500 กรัมใส่ลงในแผงตาข่ายที่เตรียมไว้จำนวนทั้งหมด 80 แผง โดยแบ่งเป็น 8 แถว แถวละ 10 แผง นำไปเลี้ยงในบ่อทดลองที่เตรียมไว้โดยจัดเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 2 แถวตามแนวยาวของบ่อดังรูปที่ 3.2 และการทดลองที่ไม่เลี้ยงสาหร่ายมีรายละเอียดในรูปที่ 3.3 จากนั้นทำการศึกษาคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสาหร่ายดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (เลี้ยงกุ้งด้วยความหนาแน่น 150,000 ตัวต่อบ่อขนาด 4 ไร่ ในช่วงเดือนที่ 4 ของการเลี้ยง โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงประมาณสัปดาห์ละ 1 ครั้งตลอดการเลี้ยง) ในบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายผสมนางตามแผนการทดลอง ทำการทดลอง 2 ครั้งเมื่อวันที่ 18 - 20 พฤศจิกายน พ.ศ.2542 และวันที่ 23-25 พฤศจิกายน พ.ศ.2542 และศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำเสียในบ่อทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายผสมนางซึ่งทำการทดลองในวันที่ 30 พฤศจิกายน – 2 ธันวาคม พ.ศ.2542 โดยเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อทดลอง 3 จุด ทุกๆ 6 ชั่วโมงหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ จนครบ 66 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ครั้ง ดังต่อไปนี้

ครั้งที่ 1	เก็บตัวอย่างน้ำ 3 จุดในบ่อทดลอง เวลา 6.00 น. ของวันที่ 1 ของการทดลอง
ครั้งที่ 2	” เวลา 12.00 น. ของวันที่ 1 ของการทดลอง
ครั้งที่ 3	” เวลา 18.00 น. ของวันที่ 1 ของการทดลอง
ครั้งที่ 4	” เวลา 24.00 น. ของวันที่ 1 ของการทดลอง
ครั้งที่ 5	” เวลา 6.00 น. ของวันที่ 2 ของการทดลอง
ครั้งที่ 6	” เวลา 12.00 น. ของวันที่ 2 ของการทดลอง
ครั้งที่ 7	” เวลา 18.00 น. ของวันที่ 2 ของการทดลอง
ครั้งที่ 8	” เวลา 24.00 น. ของวันที่ 2 ของการทดลอง
ครั้งที่ 9	” เวลา 6.00 น. ของวันที่ 3 ของการทดลอง
ครั้งที่ 10	” เวลา 12.00 น. ของวันที่ 3 ของการทดลอง
ครั้งที่ 11	” เวลา 18.00 น. ของวันที่ 3 ของการทดลอง
ครั้งที่ 12	” เวลา 24.00 น. ของวันที่ 3 ของการทดลอง

สำหรับค่าความเข้มแสงตรวจวัดในเวลา 6.00 น. และ 12.00 น. ค่าความโปร่งใสของน้ำตรวจวัดในเวลา 6.00 น., 12.00 น. และ 18.00 น.

ตอนที่ 2 ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายพมนางที่เลี้ยงในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาค่า (ที่เลี้ยงกุ้งด้วยความหนาแน่น 150,000 ตัวต่อบ่อขนาด 4 ไร่) ในช่วงเดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 ของการเลี้ยง คือเดือนกันยายนและพฤศจิกายน พ.ศ.2542 มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งเข้าบ่อทดลองเป็นประจำประมาณสัปดาห์ละ 2 ครั้งโดยในแต่ละครั้งจะเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 20 - 25 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในบ่อทดลองเท่านั้น รวมระยะเวลาในการเลี้ยงสาหร่ายทั้งหมด 8 สัปดาห์ ซึ่งนำนักสคของสาหร่ายโดยนำสาหร่ายที่อยู่ในแผงตาข่ายพลาสติกทั้งหมดขึ้นมาวางให้สะเด็ดน้ำ บันทึกน้ำหนัก แล้วนำกลับลงไปเลี้ยงอย่างเดิม โดยชั่งน้ำหนักทั้งหมด 5 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 2 สัปดาห์ ดังต่อไปนี้

ครั้งที่ 1	ชั่งสาหร่ายทั้งหมด 80 แผง	ในวันที่เริ่มต้นการทดลอง
ครั้งที่ 2	"	เมื่อครบสัปดาห์ที่ 2
ครั้งที่ 3	"	เมื่อครบสัปดาห์ที่ 4
ครั้งที่ 4	"	เมื่อครบสัปดาห์ที่ 6
ครั้งที่ 5	"	เมื่อครบสัปดาห์ที่ 8

พร้อมทั้งศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายโดยเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อทดลองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เลือกครั้งที่มีระยะเวลาเก็บเก็บของน้ำ 2 วัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 3 จุด ก่อนและหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็นเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์เช่นกัน

ค่าคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์มีดังนี้ อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม ความโปร่งใสของน้ำ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ ค่าความเป็นด่างของน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ค่าออร์โธ-ฟอสเฟต ค่าบีโอดี และค่าความเข้มของแสง

3.5.5 วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ในการทดลองครั้งนี้ ใช้วิธีของ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1992 (50) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ค่าอุณหภูมิของน้ำโดยใช้เครื่องมือวัดความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิแบบตัวเลข
2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยใช้ เครื่องมือวัดความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิแบบตัวเลข
3. ความเค็ม (Salinity) ใช้เครื่องมือวัดความเค็มโดยวิธีการหักเหของแสง Refracto – Salino meter
4. ค่าความโปร่งใสของน้ำ (Transparency) ใช้ Secchi disc
5. ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) โดยวิธี Azide modification
6. ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำ (Dissolved Carbondioxide) ใช้วิธี Indicator method
7. ค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) ใช้วิธี Indicator method
8. ค่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ใช้วิธี Phenate method
9. ค่าไนไตรท์ – ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) ใช้วิธี Griess- Ilosvay Diazotization
10. ค่าไนเตรท – ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ใช้วิธี Cadmium Reduction
11. ค่าออร์โธฟอสเฟต ใช้วิธี Ascorbic acid method
12. ค่าบีโอดี (BOD) ใช้วิธี Azide modification : 20°C : 5 days
13. ค่าความเข้มของแสง ใช้เครื่องมือวัดความเข้มของแสงแบบตัวเลข

3.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลด้านคุณภาพน้ำ ในแต่ละครั้งมี 3 จุดเก็บตัวอย่าง นำข้อมูลทั้ง 3 จุดมาใช้ในการวิเคราะห์ โดยเอาข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทั้ง 3 จุดมาหาค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนในการคำนวณในการศึกษา โดยวิเคราะห์ผลการทดลองในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.6.1 ศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ,ไนไตรท์ –ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟต และบีโอดี ในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยใช้สูตรอ้างอิงในศศิธร (51)

$$E(\%) = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

โดย E = ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอาหาร

C_i = ความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

C_f = ความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

หมายเหตุ : สารอาหารหมายถึง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ,ไนไตรท์ -ไนโตรเจน , ไนเตรท-ไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟต และบีโอดี

3.6.2 ด้านการเจริญเติบโตของสาหร่ายพมวง ซึ่งนำนักสาหร่ายทั้งหมด 80 แผลง แล้วหาเฉลี่ยของแต่ละแถว (แถวละ 10 แผลง) ทั้งหมด 8 แถว ใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนในการศึกษาหาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพมวง โดยใช้สูตรคำนวณอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของ Lobban et al.(52) ดังนี้

$$U = \frac{100 \ln (N_t / N_o)}{t}$$

โดย U = การเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยเวลาเปรียบเทียบกับน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นเลี้ยง

N_o = น้ำหนักสาหร่ายในสัปดาห์เริ่มต้น

N_t = น้ำหนักสาหร่ายในสัปดาห์สุดท้าย

t = ระยะเวลา

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 คุณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่ายพมนางโดยมีระยะเวลาเก็บเก็บน้ำเสีย 2 วัน

การศึกษาลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาค่า(เลี้ยงกุ้งด้วยความหนาแน่น 150,000 ตัวต่อบ่อขนาด 4 ไร่ ในช่วงการเลี้ยงกุ้งเดือนที่ 4) ที่นำมาใช้ในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่ามีคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำดังนี้

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนางด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร (1,500 กรัมต่อแผง) จำนวนทั้งหมด 80 แผงครั้งที่ 1 มีค่าความเค็มเท่ากับ 12 ppt , ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 31.8 องศาเซลเซียส , ค่าความโปร่งใสของน้ำเท่ากับ 46.7 ซม. , ค่า pH เท่ากับ 8.40 , ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 74.5 มก./ล. , ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเท่ากับ 6.86 มก./ล. , ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0349 มก./ล. , ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0199 มก./ล. , ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0328 มก./ล. , ค่าออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 0.0322 มก./ล. และค่าบีโอดีเท่ากับ 3.22 มก./ล.

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนางด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร (1,500 กรัมต่อแผง) จำนวนทั้งหมด 80 แผงครั้งที่ 2 มีค่าความเค็มเท่ากับ 12 ppt , ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 30.7 องศาเซลเซียส , ค่าความโปร่งใสของน้ำเท่ากับ 50.0 ซม. , ค่า pH เท่ากับ 8.49 , ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 63.3 มก./ล. , ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเท่ากับ 7.41 มก./ล. , ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0341 มก./ล. , ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0247 มก./ล. , ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0324 มก./ล. , ค่าออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 0.0461 มก./ล. และค่าบีโอดีเท่ากับ 2.97 มก./ล.

การทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายพมนาง มีค่าความเค็มเท่ากับ 11 ppt , ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 29.7 องศาเซลเซียส , ค่าความโปร่งใสของน้ำเท่ากับ 45.0 ซม. , ค่า pH เท่ากับ 8.47 , ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 88.2 มก./ล. , ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเท่ากับ 7.76 มก./ล. , ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำเท่ากับ 0.33 มก./ล. , ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0307 มก./ล. , ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0254 มก./ล. , ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0242 มก./ล. , ค่าออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 0.0417 มก./ล. และค่าบีโอดีเท่ากับ 3.74 mg/l

เมื่อทำการทดลองโดยมีระยะเวลาเก็บของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งในบ่อทดลองเป็นเวลา 2 วัน ในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง คุณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียในบ่อทดลองของมีดังต่อไปนี้

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายพม nang ด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร (1,500 กรัมต่อแผง) จำนวนทั้งหมด 80 แผงครั้งที่ 1 มีค่าความเค็มเท่ากับ 12 ppt , ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 31.3 องศาเซลเซียส , ค่าความโปร่งใสของน้ำเท่ากับ 45.0 ซม. , ค่า pH เท่ากับ 8.38 , ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 68.5 มก./ล. , ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเท่ากับ 6.49 มก./ล. , ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0246 มก./ล. , ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0188 มก./ล. , ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0269 มก./ล. , ค่าออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 0.0227 มก./ล. และค่าบีโอดีเท่ากับ 2.31 มก./ล.

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายพม nang ด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร (1,500 กรัมต่อแผง) จำนวนทั้งหมด 80 แผงครั้งที่ 2 มีค่าความเค็มเท่ากับ 12 ppt , ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 30.7 องศาเซลเซียส , ค่าความโปร่งใสของน้ำเท่ากับ 45.0 ซม. , ค่า pH เท่ากับ 8.53 , ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 70.7 มก./ล. , ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเท่ากับ 7.46 มก./ล. , ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0215 มก./ล. , ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0209 มก./ล. , ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0278 มก./ล. , ค่าออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 0.0301 มก./ล. และค่าบีโอดีเท่ากับ 2.51 มก./ล.

การทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่าย มีค่าความเค็มเท่ากับ 11 ppt , ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 28.8 องศาเซลเซียส , ค่าความโปร่งใสของน้ำเท่ากับ 35.0 ซม. , ค่า pH เท่ากับ 8.71 , ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 78.5 มก./ล. , ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเท่ากับ 7.36 มก./ล. , ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน เท่ากับ 0.0308 มก./ล. , ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0282 มก./ล. , ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.0257 มก./ล. , ค่าออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 0.0489 มก./ล. และค่าบีโอดีเท่ากับ 4.05 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดทดลองในวันที่ 1 และวันที่ 3 ของการทดลองทั้ง 3 ครั้งและมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

คุณภาพน้ำ	เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่ 1		เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่ 2		ไม่เลี้ยง สาหร่าย		มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 1	วันที่ 3	-
ความเค็ม (ppt)	12	12	12	12	11	11	$\Delta \leq 10\%$
อุณหภูมิ (°c)	31.8	31.3	30.7	30.7	29.7	28.8	≤ 33
pH	8.40	8.38	8.49	8.53	8.47	8.71	7.0 - 8.5
Alkalinity (mg/l)	74.5	68.5	63.0	70.7	88.2	78.5	-
DO (mg/l)	6.86	6.49	7.41	7.46	7.76	7.36	> 4.0
CO ₂ (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00	-
NH ₃ -N (mg/l)	0.0349	0.0246	0.0341	0.0215	0.0307	0.0308	≤ 0.4
NO ₂ -N (mg/l)	0.0199	0.0188	0.0247	0.0209	0.0254	0.0282	-
NO ₃ -N (mg/l)	0.0328	0.0269	0.0324	0.0278	0.0242	0.0257	ธรรมชาติ
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.0322	0.0227	0.0461	0.0301	0.0417	0.0489	ธรรมชาติ
BOD (mg/l)	3.22	2.31	2.97	2.51	3.74	4.05	-
Transparency (ซม.)	46.7	45	50.0	45	45.0	35	$\Delta \leq 10\%$

หมายเหตุ : * มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (22)

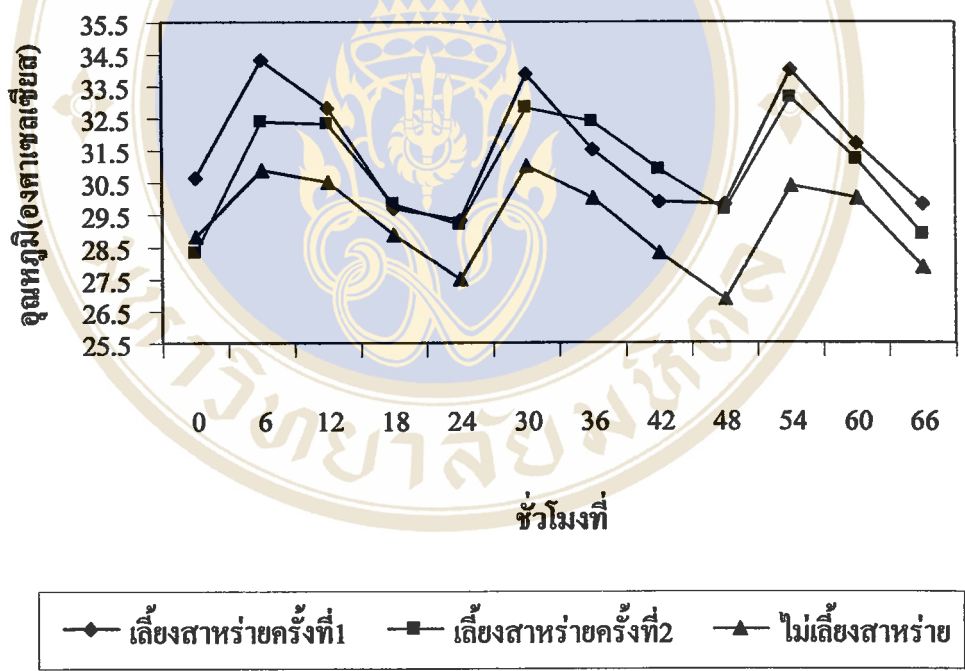
Δ หมายถึง การเปลี่ยนแปลง

- หมายถึง ไม่กำหนด

4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดคลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่ายพมนาง

4.2.1 อุณหภูมิ (Temperature)

ผลการศึกษาค่าอุณหภูมิของการทดลองตอนที่ 1 พบว่า ตลอดการทดลอง 66 ชั่วโมง การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 1 มีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 29.3 – 34.3 องศาเซลเซียส การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28.3 – 33.1 องศาเซลเซียส และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.9 – 31.0 องศาเซลเซียส ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดคลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากผลการทดลองที่เก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิทุกๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลาทั้งหมด 3 วัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1 ภาคผนวก ก พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำเลี้ยงในแต่ละวันในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

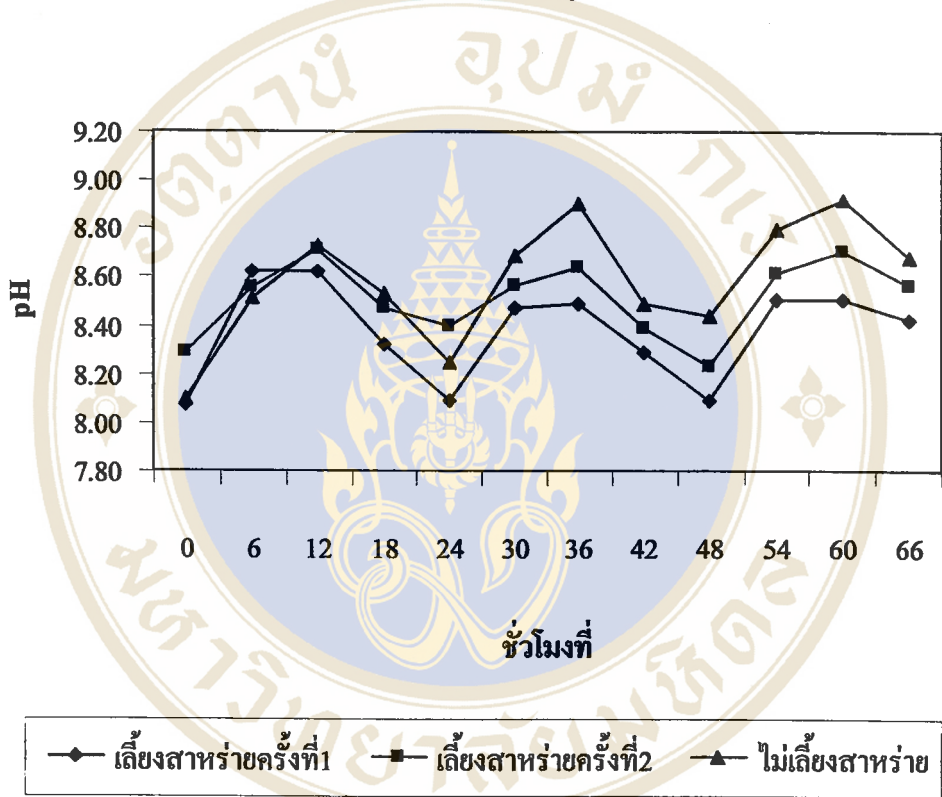
หน่วย : (°C)

ระยะเวลาทดลอง (วัน)	การทดลอง		
	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่2	ไม่เลี้ยงสาหร่าย
1	31.8	30.7	29.7
2	31.1	31.3	28.9
3	31.3	30.7	28.8

การศึกษาค่าอุณหภูมิของน้ำเลี้ยงจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลอง ในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง คือ เลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* ด้วยความหนาแน่น 1,500 กรัมต่อแพลง จำนวน 80 แพลง ครั้งที่ 1 , ครั้งที่ 2 และไม่เลี้ยงสาหร่ายพมนาง พบว่าค่าอุณหภูมิมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 4 คือเป็นเขตสงวนเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2537) โดยพบว่าค่าอุณหภูมิในการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าค่าอุณหภูมิของการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่าย จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ค่าอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน คือจะมีค่าต่ำสุดในเวลา 6.00 น. และเริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆจนสูงที่สุดในเวลา 12.00น. จากนั้นเริ่มลดต่ำลงเรื่อยๆ ตั้งแต่เวลา 18.00 น. จนถึงเวลา 6.00 น. อีกครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับประเทือง (4) ที่กล่าวไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจะทำให้ อุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกันออกไปด้วย

4.2.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ผลการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกพบ ว่าตลอดการทดลอง 66 ชั่วโมง การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตาราง เมตรครั้งที่ 1 มีค่า pH อยู่ในช่วง 8.07 – 8.62 การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีค่า pH อยู่ในช่วง 8.23 – 8.70 และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่าย มีค่า pH อยู่ในช่วง 8.10 – 8.92 ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.2



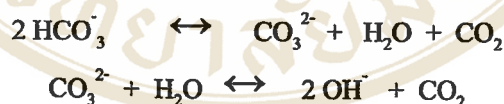
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากผลการทดลองที่เก็บข้อมูลค่าความเป็นกรดเป็นด่างทุกๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลาทั้งหมด 3 วัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2 ภาคผนวก ก พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย มีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของ ค่า pH ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อกดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

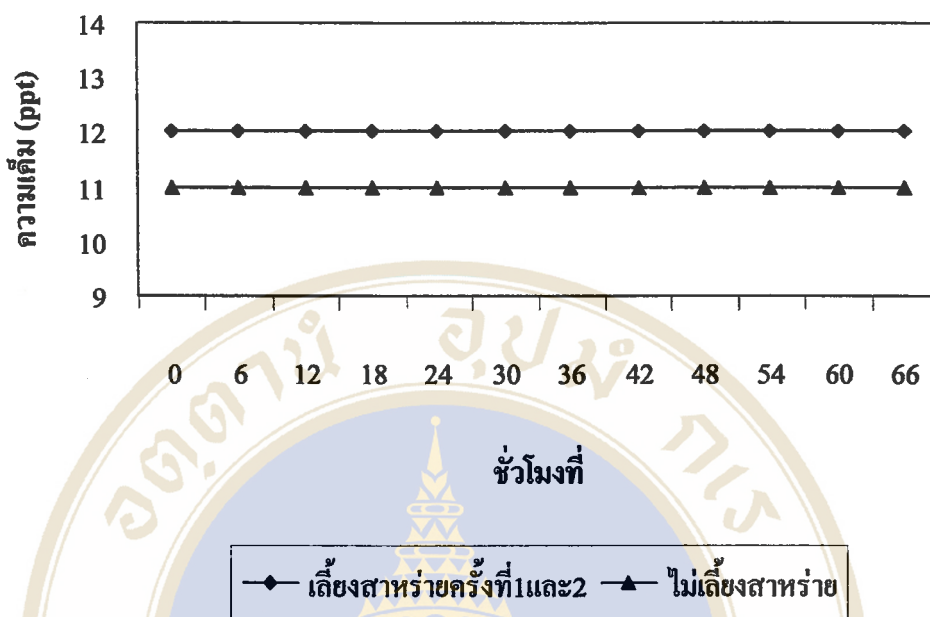
ระยะเวลา ทดลอง (วัน)	การทดลอง		
	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่2	ไม่เลี้ยงสาหร่าย
1	8.40	8.49	8.47
2	8.34	8.50	8.58
3	8.38	8.53	8.71

จากการทดลองทั้ง 3 ครั้งจะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของทุกการทดลองมีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 วัน จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าค่า pH ในการทดลองจะมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน โดยจะต่ำที่สุดในเวลา 6.00น. และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆในเวลา 12.00 น. จนสูงที่สุดในเวลา 18.00น. จากนั้นจะเริ่มลดต่ำลงเรื่อยๆในเวลา 24.00 น. และลดลงต่ำที่สุดในเวลา 6.00น. อีกครั้ง เนื่องจากในบ่อกดลองมีแพลงตอนพืชและสาหร่ายพมนางเป็นจำนวนมาก ในตอนกลางวันช่วงที่มีแสงแดดสาหร่ายจะใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง ทำให้ค่า pH สูงขึ้น ประเทือง (4) กล่าวไว้ว่าในแหล่งน้ำที่มีแพลงตอนพืชหนาแน่นจะมีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง จนคาร์บอนไดออกไซด์อิสระในน้ำหมดไปก็จะดึงเอาคาร์บอนไดออกไซด์ใน Buffer system ไปใช้ทำให้ค่า pH สูงขึ้นตามปริมาณการสังเคราะห์แสง โดยมีปฏิกิริยาดังนี้



4.2.3 ความเค็ม (Salinity)

ผลการศึกษาค่าความเค็มของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อกดลองพบว่าตลอดการทดลอง 66 ชั่วโมง การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าความเค็มเท่ากับ 12 ppt และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าความเค็มเท่ากับ 11 ppt ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.3

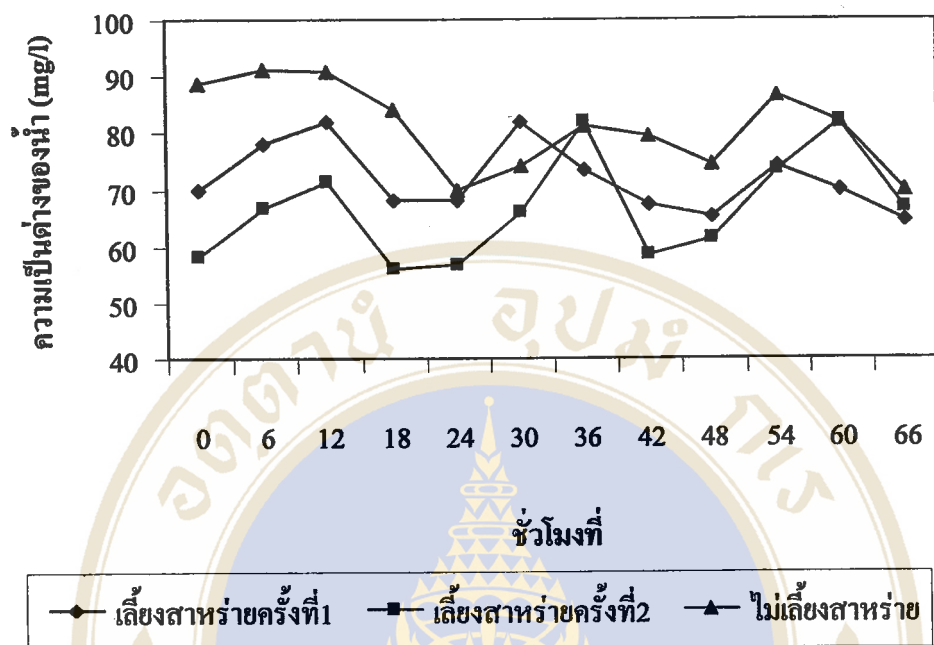


รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าความเค็มมีค่าคงที่ไม่มีเปลี่ยนแปลงตลอดการทดลองในการทดลองทุกครั้ง แสดงว่าการเลี้ยงสาหร่ายไม่มีผลทำให้ค่าความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงไป

4.2.4 ค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity)

ผลการศึกษาค่าความเป็นด่างของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองพบว่าตลอดการทดลอง 66 ชั่วโมง การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 1 มีค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 64.6 – 82.0 มก./ล. การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 56.0 – 82.0 มก./ล. และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 70.0– 91.3 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นค่างของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากผลการทดลองที่เก็บข้อมูลค่าความเป็นค่างทุกๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลาทั้งหมด 3 วันซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3 ภาคผนวก พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นค่างมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นด่าง (Alkalinty) ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อกดลองที่
เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

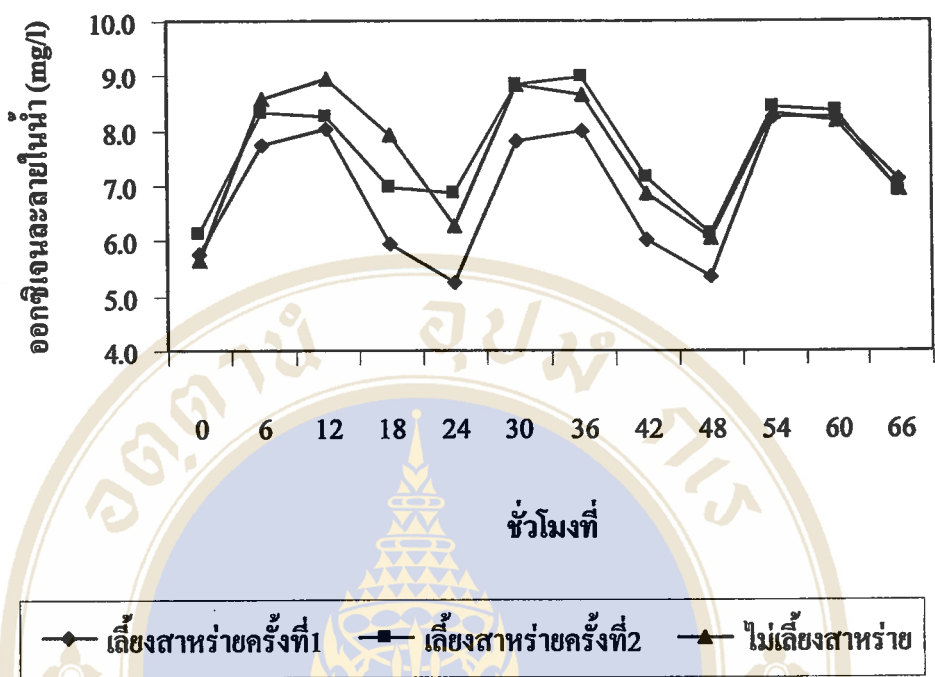
หน่วย : (มก./ล.)

ระยะเวลา ทดลอง (วัน)	การทดลอง		
	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่2	ไม่เลี้ยงสาหร่าย
1	74.5	63.0	88.2
2	70.0	66.0	76.0
3	68.5	70.7	78.5

จากการศึกษาค่าความเป็นด่างของน้ำ ในรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าการทดลองเป็นเวลาทั้ง
หมด 3 วัน การทดลองทั้ง 3 ครั้ง ค่าความเป็นด่างของน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน โดยมีค่าต่ำ
ที่สุดในเวลา 6.00 น. จากนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนสูงที่สุดในเวลา 12.00น.หรือ 18.00น. และจะเริ่มลด
ลงจนต่ำที่สุดในเวลา 6.00น. อีกครั้ง จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่าความเป็นด่างจะมีการเปลี่ยน
แปลงไม่มากแสดงว่าการเลี้ยงสาหร่ายไม่มีผลทำให้ค่าความเป็นด่างเปลี่ยนไป

4.2.5 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)

ผลการศึกษาค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อกดลองพบ
ว่าตลอดการทดลอง 66 ชั่วโมง การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตาราง
เมตรครั้งที่ 1 มีค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 5.23 –8.26 มก./ล. การทดลองที่เลี้ยงสาหร่าย
ด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 6.13 – 8.96
มก./ล. และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 5.63 – 8.93 มก./ล.
ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายในน้ำของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากผลการทดลองที่เก็บข้อมูลค่าออกซิเจนละลายในน้ำทุกๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลาทั้งหมด 3 วัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4 ภาคผนวก ก พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าออกซิเจนละลายในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

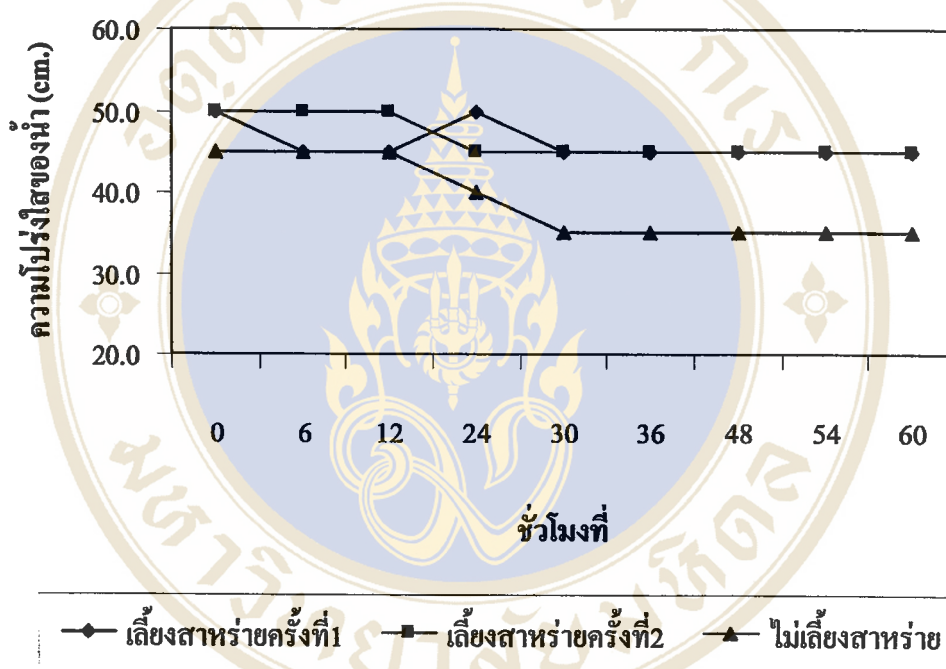
หน่วย : (มก./ล.)

ระยะเวลาทดลอง (วัน)	การทดลอง		
	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่2	ไม่เลี้ยงสาหร่าย
1	6.86	7.41	7.76
2	6.77	7.95	7.66
3	6.49	7.46	7.36

จากการศึกษาค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) ทุกๆ 6 ชั่วโมง คือในเวลา 6.00น. 12.00น. , 18.00น. และ 24.00น. ในการทดลองทั้ง 3 ครั้งพบว่า ในการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ครั้งที่ 1 มีค่า DO เฉลี่ยเท่ากับ 6.71 มก./ล. การทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ครั้งที่ 2 มีค่า DO เฉลี่ยเท่ากับ 7.61 มก./ล. และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่า DO เฉลี่ยเท่ากับ 7.59 มก./ล. จะเห็นได้ว่าในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ค่าออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าค่อนข้างสูงและมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลและมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งซึ่งค่า DO ต้องมากกว่า 4 มก./ล. จากรูปที่ 4.5 พบว่า ค่า DO จะมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน โดยจะลดลงต่ำสุดในช่วงเช้า เวลา 6.00น. และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนสูงสุดในเวลา 18.00น. จากนั้นจะเริ่มลดลงเรื่อยๆจนต่ำที่สุดในเวลา 6.00น.อีกครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากในบ่อทดลองมีการเลี้ยงสาหร่ายเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นร่วมด้วย ในเวลากลางวันสาหร่ายและแพลงตอนพืชจะมีการสังเคราะห์และจะผลิตออกซิเจนออกมาทำให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่กลางคืนไม่มีการเพิ่มปริมาณออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงแต่สาหร่ายและแพลงตอนพืชต้องใช้ออกซิเจนในน้ำในการหายใจ ทำให้ค่า DO ลดลงจนถึงเวลา 6.00น. ซึ่งการลดลงจะไม่มากนักเนื่องจากในบ่อทดลองไม่ได้เลี้ยงสัตว์น้ำ สิ่งมีชีวิตที่ใช้ออกซิเจนจึงมีเพียงสาหร่ายและแพลงตอนเท่านั้น ซึ่งตรงกับการทดลองของทักษิณา (30) ที่ทดลองเลี้ยงหอยทะเล *Halophila Ovalis* ในน้ำที่จากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในถังทดลอง พบว่าค่า DO จะมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน โดยมีค่าต่ำที่สุดในช่วงเช้าและมีค่าสูงที่สุดในช่วงบ่าย สำหรับในการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายในการทดลองครั้งนี้ ที่พบว่าค่า DO มีค่าไม่แตกต่างจากการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายมากนักอาจเป็นเพราะในบ่อทดลองไม่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่าออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของแพลงตอนพืชในตอนกลางวันมีเพียงพอกับความต้องการของสิ่งมีชีวิตเพื่อใช้หายใจในตอนกลางวัน นอกจากนั้นน้ำเสียที่เข้ามามีค่าสารประกอบไนโตรเจนและค่าบีโอดีไม่มากนัก ออกซิเจนจึงมีเพียงพอต่อความต้องการของแบคทีเรียในการย่อยสลาย และจะเห็นได้ว่าค่าอุณหภูมิของน้ำในการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าต่ำกว่าการทดลองที่มีการเลี้ยงสาหร่าย จึงทำให้ออกซิเจนสามารถละลายในน้ำได้ดีกว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

4.2.6 ค่าความโปร่งใสของน้ำ (Transparency)

ผลการศึกษาค่าความโปร่งใสของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดทดลองพบว่าตลอดการทดลอง 66 ชั่วโมง การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 1 มีค่าความโปร่งใสของน้ำอยู่ในช่วง 45 – 50 ซม. การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีค่าความโปร่งใสของน้ำอยู่ในช่วง 45 – 50 ซม. และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าความโปร่งใสของน้ำอยู่ในช่วง 35 – 45 ซม. ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าความโปร่งใสของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากผลการทดลองที่เก็บข้อมูลค่าความความโปร่งใสของน้ำทุกๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลาทั้งหมด 3 วัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 5 ภาคผนวก ก พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าความโปร่งใสของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของค่าความโปร่งใสของน้ำเสีย (Transparency) ในแต่ละวันในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

หน่วย : (ชม.)

ระยะเวลา ทดลอง (วัน)	การทดลอง		
	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่2	ไม่เลี้ยงสาหร่าย
1	46.7	50.0	45.0
2	46.7	45.0	36.7
3	45.0	45.0	35.0

ค่าความโปร่งใสของน้ำจะมีค่าสูงในตอนเช้าและจะลดลงในตอนบ่ายตามปริมาณความเข้มของแสง เนื่องจากในตอนกลางวันมีการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของแพลงตอนทำให้ความโปร่งใสมีค่าลดลงแต่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงสาหร่ายไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความโปร่งใสของน้ำในบ่อทดลอง

4.2.7 คาร์บอนไดออกไซด์ (Dissolved Carbondioxide)

การศึกษาคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองโดยเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจสอบค่าคาร์บอนไดออกไซด์ทุกๆ 6 ชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมด 66 ชั่วโมง พบว่ามีผลการทดลองดังนี้ การทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ไม่พบคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำเลย ส่วนในการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายพบคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำบ้างแต่ในปริมาณที่น้อยมากคือ 1.33 มก./ล. ในเวลา 6.00น. ของวันที่ 1 ของการทดลองซึ่งเป็นน้ำเสียที่เพิ่งจะได้รับมาจากบ่อเลี้ยงกุ้งโดยตรงซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 6 ภาคผนวก ก คาร์บอนไดออกไซด์ที่พบอาจเกิดจากการหายใจของกุ้งในบ่อเลี้ยงและการย่อยสลายของสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่ได้รับมาจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

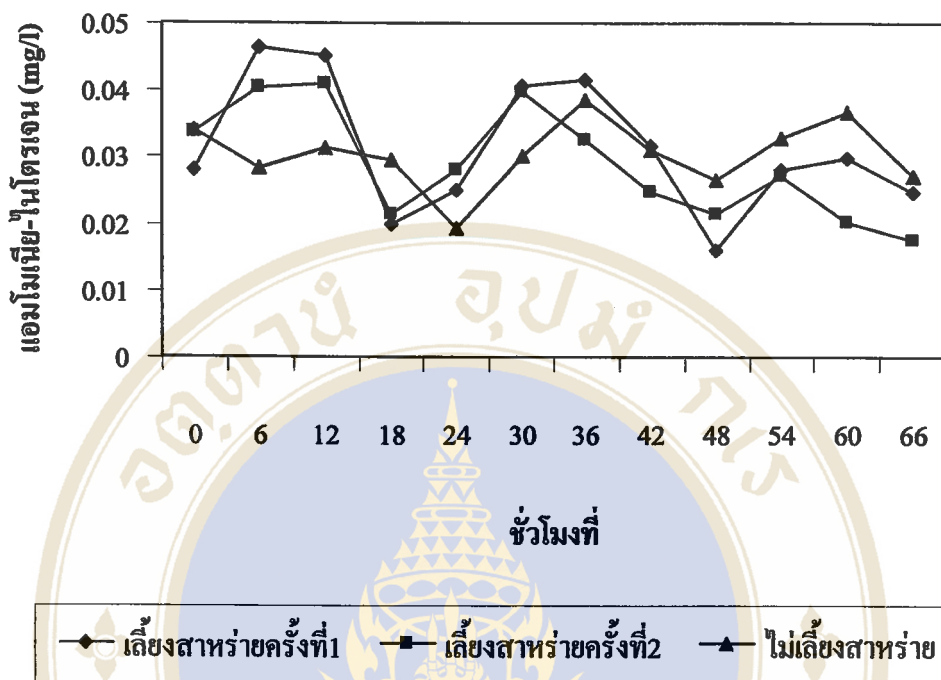
4.3 ค่าความเข้มของแสง (Light Intensity)

จากผลการศึกษาค่าความเข้มของแสงในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่าค่าความเข้มแสงจะมีค่าน้อยในเวลา 6.00 น. และจะเพิ่มขึ้นในเวลา 12.00น. โดยการทดลองเลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1 ในเวลา 6.00น.มีค่าความเข้มของแสงเฉลี่ยเท่ากับ 15,400 ลักซ์ และในเวลา 12.00 น.มีค่าความเข้มของแสงเฉลี่ยเท่ากับ 85,200 ลักซ์ การทดลองเลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 2 ในเวลา 6.00น.มีค่าความเข้มของแสงเฉลี่ยเท่ากับ 16,300 ลักซ์และในเวลา 12.00 น.มีค่าความเข้มของแสงเฉลี่ยเท่ากับ 76,900 ลักซ์ และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่าย ในเวลา 6.00น.มีค่าความเข้มของแสงเฉลี่ยเท่ากับ 5,700 ลักซ์และในเวลา 12.00 น.มีค่าความเข้มของแสงเฉลี่ยเท่ากับ 81,000 ลักซ์ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 7 ภาคผนวก ก

4.4 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจน

4.4.1 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$)

การศึกษการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองของการทดลองตอนที่ 1 โดยศึกษาค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนทุกๆ 6 ชั่วโมง ในเวลา 6.00น. , 12.00น. , 18.00 น. และ 24.00น. ผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของการทดลองทั้ง 3 ครั้งพบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน โดยจะมีค่าต่ำสุดในเวลา 6.00น. และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนสูงที่สุดในเวลา 12.00น.หรือ18.00น. และเริ่มลดลงจนต่ำสุดในเวลา 6.00น. พบว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 1 มีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0161 - 0.0464 มก./ล. การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0175 - 0.0410 มก./ล. และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0192 - 0.0385 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในบ่อดอกเลี้ยงที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากผลการทดลองที่เก็บข้อมูลค่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ทุกๆ 6 ชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมด 3 วัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 8 ภาคผนวก ก พบว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายทำให้ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงตามระยะเวลาที่เก็บและประสิทธิภาพการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลากักเก็บกล่าวคือประสิทธิภาพในการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของการทดลองเลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.57% , 8.21% ที่ระยะเวลากักเก็บ 1 วันและ 29.51% , 36.95% ที่ระยะเวลากักเก็บ 2 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพการลดค่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อกดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

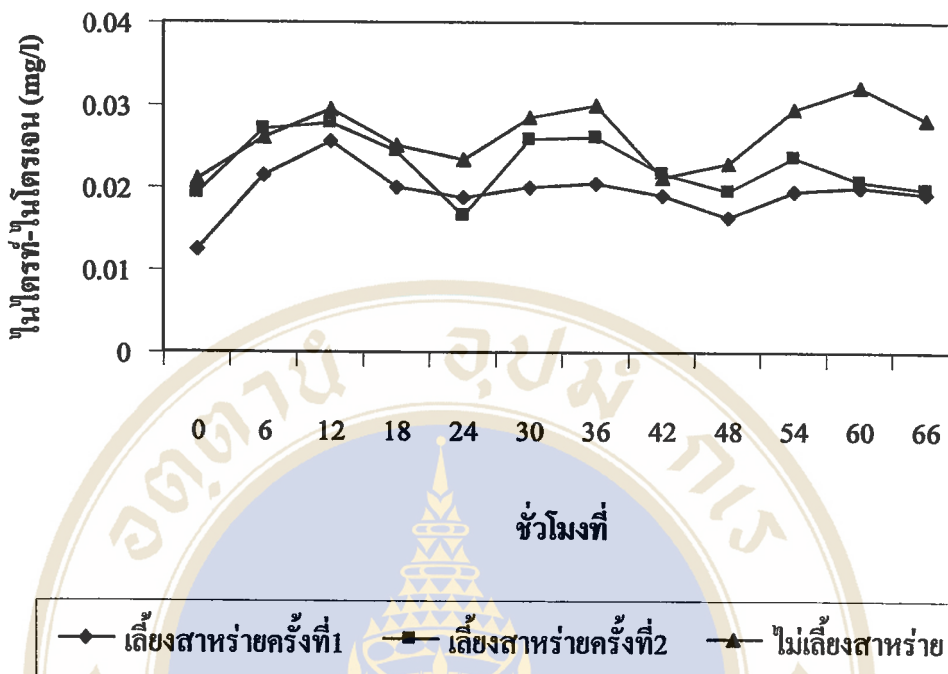
ระยะเวลา ทดลอง (วัน)	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่1		เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่2		ไม่เลี้ยงสาหร่าย	
	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)
1	0.0349	-	0.0341	-	0.0307	-
2	0.0347	0.57	0.0313	8.21	0.0297	3.26
3	0.0246	29.51	0.0215	36.95	0.0308	-0.32

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในบ่อบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำทั้ง 2 ครั้ง ทำให้ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำเสียลดลงได้มากกว่าการทดลองที่ไม่มี การเลี้ยงสาหร่ายซึ่งมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยการเลี้ยงสาหร่ายในบ่อบำบัดน้ำเสีย เป็นเวลาวันก็สามารถลดค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้และจะลดลงได้มากขึ้นเมื่อมีการเลี้ยงสาหร่าย ในบ่อบำบัดน้ำเสียเป็นเวลา 2 วัน แสดงว่าค่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) มีแนวโน้มลดลงมาก ขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการกักเก็บของน้ำเสีย และมีประสิทธิภาพในการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเมื่อ มีระยะเวลาการกักเก็บของน้ำเสีย 2 วันในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 29.51% และ 36.95% ตาม ลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของคณิตและคุดิต (28) ที่เลี้ยงสาหร่ายพมนางหนัก 128 ± 2 กรัม และ 340 ± 2 กรัมในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้ง 200 ลิตร พบว่าในชุดควบคุม (น้ำทิ้งจากนาุ้ง) ตลอด การทดลอง 48 ชั่วโมง จะมีค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ เพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 6 , 12 , 24 และจะลดลงในชั่วโมงที่ 48 เพียง 11.77% เท่านั้นในขณะที่ชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพมนางจะมีค่าลดลงตลอดการทดลอง ระหว่าง 3.62% -54.90% สอดคล้องกับ Kimon Bird (44) ที่กล่าวไว้ว่าการเลี้ยงสาหร่ายในน้ำ เสียจากการเลี้ยงสัตว์น้ำจะช่วยขจัดสารพิษพวก NH_3 ในน้ำเสียได้ โดยสาหร่ายสามารถใช้ไนโตรเจน ได้หลายรูปแบบ แต่จะใช้ NH_3 ได้ดีที่สุด และสอดคล้องกับ De Boer (40) ซึ่งได้ทดลองเลี้ยง *Gracilaria foliifera* ในน้ำทะเลที่มีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกัน เมื่อเติมปุ๋ยไนโตรเจนลงไปทำให้ อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายเพิ่มขึ้น และไนโตรเจนในรูป NH_3 จะมีผลทำให้สาหร่ายมีการ เจริญเติบโตสูงที่สุด สำหรับการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายในครั้งนี้ที่พบว่าค่าแอมโมเนีย- ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ลดลงเท่ากับ 3.26% เมื่อมีระยะเวลาการกักเก็บของน้ำเสีย 1 วันและเพิ่มขึ้น 0.32 % เมื่อมีระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสีย 2 วัน เนื่องจากในบ่อกดลองไม่มีสาหร่ายที่จะใช้แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ในการเจริญเติบโตมีเพียงการใช้แอมโมเนีย-ไนโตรเจนโดยแพลงตอนในน้ำ ทำให้ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงไม่มากรวมถึงอาจเกิดจากการตายของแพลงตอนพืชซึ่งเป็นการเพิ่มแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำด้วย และจะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่ำกว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำในบ่อบำบัดน้ำก่อนที่จะนำมาใช้เลี้ยงกุ้งที่เก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเวลาทำการทดลอง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1410 มก./ล. จึงเป็นไปได้ที่จะนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วหมุนเวียนกลับมาใช้ได้และจากการทดลองของอุปถัมภ์ (32) พบว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายในบ่อบำบัดน้ำเสียจะทำให้ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำในบ่อบำบัดมีค่าต่ำกว่าน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง และอนันต์ (31) แนะนำว่าสามารถนำการเลี้ยงสาหร่ายมาเลี้ยงร่วมกับพรรณไม้น้ำชนิดอื่นๆ เป็นการประยุกต์วิธีการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งได้

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$)

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในบ่อบำบัดของการทดลองตอนที่ 1 โดยศึกษาค่าไนโตรท-ไนโตรเจนทุกๆ 6 ชั่วโมง ในเวลา 6.00น. , 12.00น. , 18.00 น. และ 24.00น. ผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงค่าไนโตรท-ไนโตรเจนของการทดลองทั้ง 3 ครั้งพบว่าค่าไนโตรท-ไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน โดยจะมีค่าต่ำสุดในเวลา 6.00น. และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนสูงที่สุดในเวลา 12.00น.หรือ18.00น. และเริ่มลดลงจนต่ำสุดในเวลา 6.00น. ผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อบำบัด พบว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 1 มีค่าไนโตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0124-0.0256 มก./ล. การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีค่าไนโตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0166 – 0.0279 มก./ล. และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าไนโตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0209 – 0.0322 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากผลการทดลองที่เก็บข้อมูลค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน ทุกๆ 6 ชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมด 3 วัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 9 ภาคผนวก ก พบว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1 และ 2 ทำให้ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนลดลงแต่การทดลองที่ไม่เลี้ยงสาหร่ายค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยประสิทธิภาพการลดไนไตรท์ - ไนโตรเจนมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บค่าคือประสิทธิภาพในการลดไนไตรท์-ไนโตรเจนของการทดลองเลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 1.51% , 9.31% ที่ระยะเวลากักเก็บ 1 วัน และ 5.52 % , 15.38% ที่ระยะเวลากักเก็บ 2 วันตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

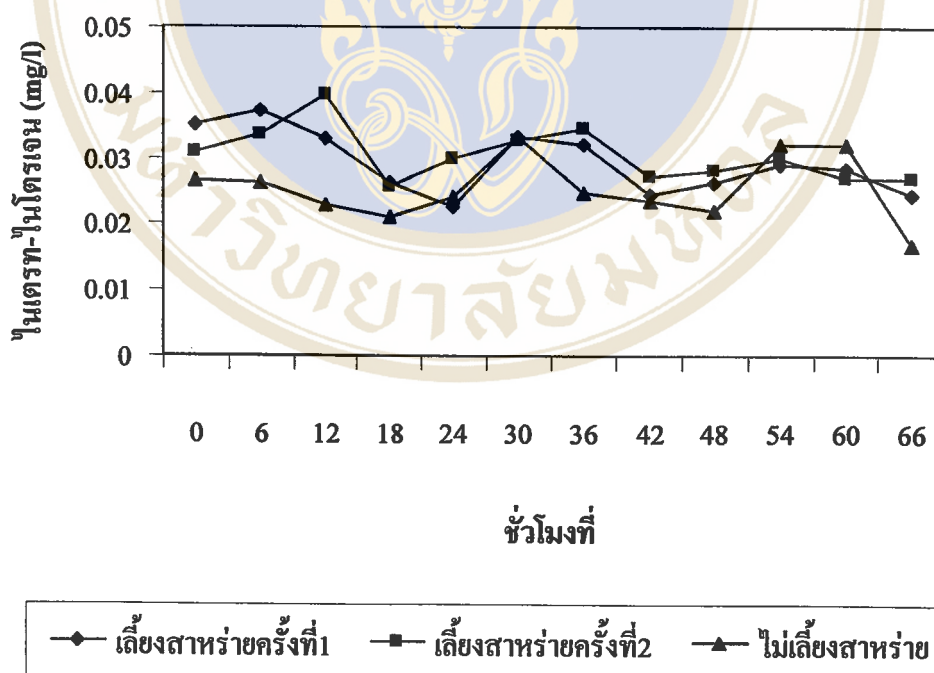
ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพการลดค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน (NO₂-N) ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อกดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

ระยะเวลาทดลอง (วัน)	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1		เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 2		ไม่เลี้ยงสาหร่าย	
	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)
1	0.0199	-	0.0247	-	0.0254	-
2	0.0196	1.51	0.0224	9.31	0.0258	-1.55
3	0.0188	5.52	0.0209	15.38	0.0282	-11.02

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า การทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ทำให้ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนลดลงเมื่อมีระยะเวลาการกักเก็บของน้ำเสียในบ่อกดลองที่เลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 1 วันและลดลงมากขึ้นเมื่อมีระยะเวลาการกักเก็บ 2 วันและค่าประสิทธิภาพการลดไนไตรท์ – ไนโตรเจนมีแนวโน้มมากขึ้นตามระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสียโดยมีประสิทธิภาพในการลดไนไตรท์-ไนโตรเจนของการทดลองครั้งที่ 1และ2 เมื่อมีระยะเวลากักเก็บของน้ำเสีย 2 วันเท่ากับ 5.52% และ 15.38% แต่การทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจากสาหร่ายจะใช้ไนไตรท์-ไนโตรเจนในการเจริญเติบโตไม่มากนักและใช้น้อยกว่าแอมโมเนีย (40)

4.4.3 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกของการทดลองตอนที่ 1 โดยศึกษาค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ทุกๆ 6 ชั่วโมง ในเวลา 6.00น. , 12.00น. , 18.00 น. และ 24.00น. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ของการทดลองทั้ง 3 ครั้งพบว่าค่าไนเตรท-ไนโตรเจน มีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน โดยจะมีค่าต่ำสุดในเวลา 6.00น. และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนสูงที่สุดในเวลา 12.00น.หรือ 18.00น. และเริ่มลดลงจนต่ำสุดในเวลา 6.00น. อีกครั้ง ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอก พบว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตร ครั้งที่ 1 มีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0226 - 0.0371 มก./ล. การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0256 – 0.0396 มก./ล. และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0168 – 0.0332 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากผลการทดลองที่เก็บข้อมูลค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ทุกๆ 6 ชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมด 3 วัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 10 ภาคผนวก ก พบว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายทำให้ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนลดลงตามระยะเวลาที่เก็บและประสิทธิภาพการลดไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บกล่าวคือประสิทธิภาพในการลดไนเตรท-ไนโตรเจนของการทดลองเลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 14.33% , 4.32% ที่ระยะเวลากักเก็บ 1 วันและ 17.99% , 14.20% ที่ระยะเวลากักเก็บ 2 วันตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

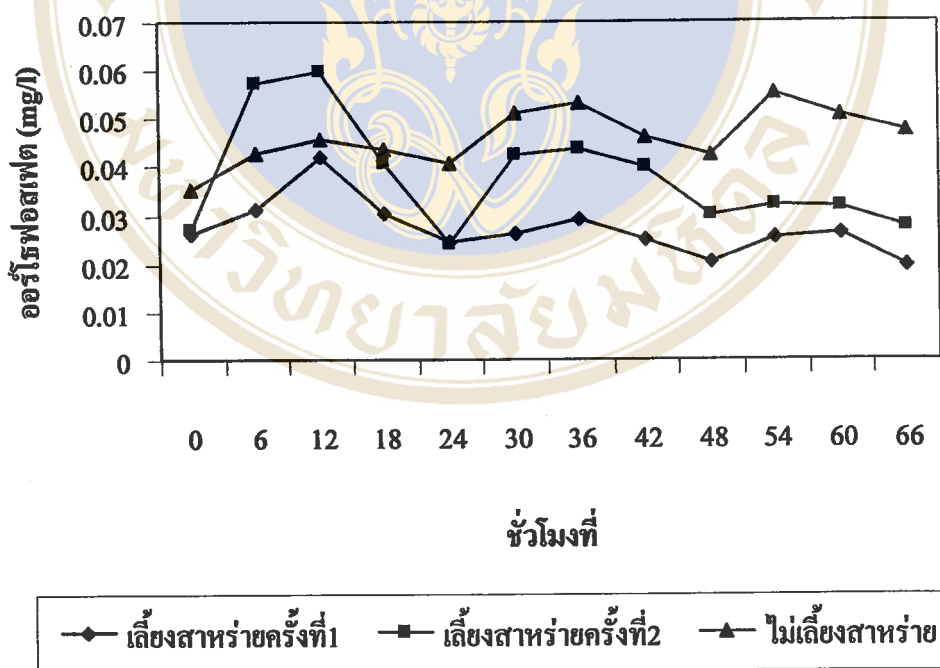
ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพการลดค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียในแต่ละวันในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

ระยะเวลาทดลอง (วัน)	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1		เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 2		ไม่เลี้ยงสาหร่าย	
	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)
1	0.0328	-	0.0324	-	0.0242	-
2	0.0281	14.33	0.0310	4.32	0.0264	-9.09
3	0.0269	17.99	0.0278	14.20	0.0257	-6.19

การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1 และ 2 สามารถลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนได้มากกว่าการทดลองที่ไม่เลี้ยงสาหร่ายซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น โดยการเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 2 ครั้งทำให้ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนลดลงเมื่อมีระยะเวลากักเก็บ 1 วันและจะลดลงมากขึ้นเมื่อมีระยะเวลากักเก็บ 2 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของคมิตและคูสิต (28) ที่พบว่าในการทดลองเลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 128 ± 2 กรัม และ 340 ± 2 กรัม ในบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 200 ลิตรเป็นเวลา 48 ชั่วโมงทำให้ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนลดลงระหว่าง 34.17% - 100.0% และวิวรรณ์ (48) ซึ่งทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนางที่ความหนาแน่น 2 ระดับร่วมกับปลานิลสีแดง พบว่าการทดลองที่เลี้ยงปลานิลสีแดงเพียงอย่างเดียวมีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นขณะที่การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพมนางมีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนลดลง นอกจากนั้นประเทือง (4) ยังกล่าวไว้ว่าไนเตรทเป็นธาตุอาหารสำหรับพืชน้ำและสาหร่ายที่ใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสงด้วย

4.5 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดปริมาณออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-})

การศึกษการเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดทดลองของการทดลองตอนที่ 1 โดยศึกษาค่าออร์โธฟอสเฟตทุกๆ 6 ชั่วโมงในเวลา 6.00น. 12.00น. 18.00 น. และ 24.00น. ผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงค่าออร์โธฟอสเฟต ของการทดลองทั้ง 3 ครั้งพบว่าค่าออร์โธฟอสเฟตมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน โดยจะมีค่าต่ำสุดในเวลา 6.00น. และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนสูงที่สุดในเวลา 12.00น.หรือ18.00น. และเริ่มลดลงจนต่ำสุดในเวลา 6.00น. ผลการศึกษปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดทดลอง พบว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 1 มีค่าออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.0193-0.0417 มก./ล. การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีค่าออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.040 – 0.0597 มก./ล. และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าออร์โธฟอสเฟตในช่วง 0.0350 – 0.0551 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากผลการทดลองที่เก็บข้อมูลค่าออร์โธฟอสเฟตทุกๆ 6 ชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมด 3 วัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 11 ภาคผนวก ก พบว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายทำให้ค่าออร์โธฟอสเฟตลดลงตามระยะเวลาที่เก็บและมีประสิทธิภาพการลดค่าออร์โธฟอสเฟตมากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บกล่าวคือประสิทธิภาพในการลดค่าออร์โธฟอสเฟตของการทดลองเลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 19.25% , 18.87% ที่ระยะเวลากักเก็บ 1 วัน และ 29.50% , 34.71% ที่ระยะเวลากักเก็บ 2 วันตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

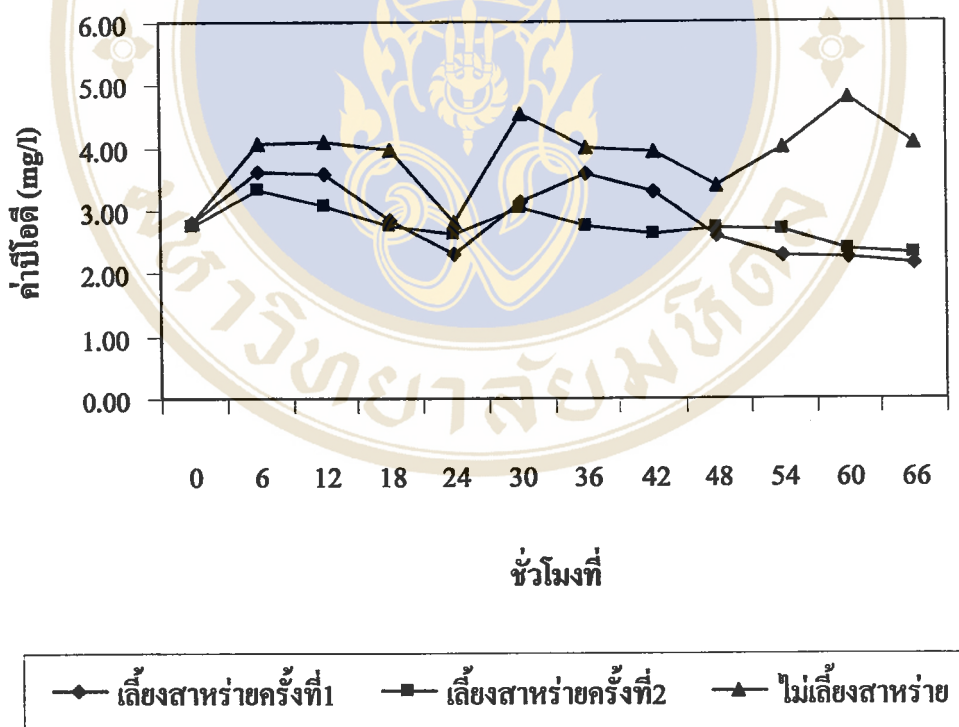
ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพการลดค่าออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ของน้ำเสียในแต่ละวัน ในบ่อทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

ระยะเวลา ทดลอง (วัน)	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1		เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 2		ไม่เลี้ยงสาหร่าย	
	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)
1	0.0322	-	0.0461	-	0.0417	-
2	0.0260	19.25	0.0374	18.87	0.0476	-14.14
3	0.0227	29.50	0.0301	34.71	0.0489	-17.26

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายทั้ง 2 ครั้งสามารถทำให้ค่าออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ลดลงได้แต่การทดลองที่ไม่เลี้ยงสาหร่ายไม่สามารถลดค่าออร์โธฟอสเฟตได้ เนื่องจากสาหร่ายจะใช้ออร์โธฟอสเฟตในการเจริญเติบโต ไมตรี (12) กล่าวไว้ว่าฟอสเฟตเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชน้ำโดยพืชน้ำจะใช้ออร์โธฟอสเฟตที่ละลายอยู่ในน้ำในการเจริญเติบโต ในการทดลองเลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1 และ 2 เมื่อมีการกักเก็บน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งในบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 1 วันก็สามารถลดค่าออร์โธฟอสเฟตได้และจะลดลงได้มากขึ้นเมื่อมีระยะเวลากักเก็บเพิ่มเป็น 2 วันและค่าประสิทธิภาพในการลดค่าออร์โธฟอสเฟตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลากักเก็บ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของทักษิณา (30) พบว่าประสิทธิภาพในการลดค่าออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ของหญ้าทะเล *Halophila Ovalis* ที่เลี้ยงในบ่อทดลองด้วยความหนาแน่น 1.5 , 1.0 , 0.5 กิโลกรัมต่อน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง 200 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน มีค่าเท่ากับ 80.85% , 85.22% และ 76.59 % ตามลำดับ และสอดคล้องกับการทดลองของเกรียงไกร (36) พบว่าการเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำสามารถลดปริมาณความเข้มข้นของฟอสเฟตลงได้

4.6 การเปลี่ยนแปลงและความสามารถในการลดปริมาณบีโอดี (BOD)

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงปริมาณบีโอดีในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดทดลองของการทดลองตอนที่ 1 โดยศึกษาค่าบีโอดีทุกๆ 6 ชั่วโมง ในเวลา 6.00น. , 12.00น. , 18.00 น. และ 24.00น. ผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดี ของการทดลองทั้ง 3 ครั้งพบว่าค่าบีโอดีมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันโดยจะมีค่าต่ำสุดในเวลา 6.00น. และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนสูงที่สุดในเวลา 12.00น. หรือ 18.00น. และเริ่มลดลงจนต่ำสุดในเวลา 6.00น.อีกครั้ง โดยการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วย ความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 1 มีค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 2.13 – 3.62 มก./ล. การทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยความหนาแน่น 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 2.30 – 3.31 มก./ล. และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายมีค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 2.81 – 4.78 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

จากผลการทดลองที่เก็บข้อมูลค่าบีโอดีทุกๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลาทั้งหมด 3 วัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 12 ภาคผนวก ก พบว่าค่าบีโอดีมีการเปลี่ยนแปลงลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ และค่าประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บกล่าวคือประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีของการทดลองเลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 4.66% , 7.07% ที่ระยะเวลากักเก็บ 1 วัน และ 28.26% , 15.49% ที่ระยะเวลากักเก็บ 2 วันตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีของน้ำเสียในแต่ละวันในการทดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

ระยะเวลา ทดลอง (วัน)	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 1		เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่ 2		ไม่เลี้ยงสาหร่าย	
	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)	ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)
1	3.22	-	2.97	-	3.74	-
2	2.61	4.66	2.76	7.07	3.82	-2.14
3	2.31	28.26	2.51	15.49	4.05	-8.29

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าบีโอดีของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งซึ่งกรมประมงกำหนดไว้ว่าค่าบีโอดีในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต้องมีค่าไม่เกิน 10 มก./ล. ถึงแม้ว่าจะมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแล้วแต่จะเห็นได้ว่า การทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้ง ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 สามารถทำให้ค่า BOD ลดลงได้เมื่อมีระยะเวลากักเก็บของน้ำเสีย 1 วัน และจะลดลงได้มากขึ้นเมื่อมีระยะเวลากักเก็บ 2 วันในขณะที่การทดลองที่ไม่เลี้ยงสาหร่ายไม่สามารถทำให้ค่าบีโอดีในน้ำลดลงได้ และค่าประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีของการทดลองเลี้ยงสาหร่ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลากักเก็บ สอดคล้องกับการทดลองของอุปถัมภ์ (32) ที่ทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำและปล่อยน้ำเสียให้มีการบำบัดในบ่อที่เลี้ยงสาหร่ายพมนาง จากการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำพบว่าน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีค่าบีโอดีมากกว่าน้ำในบ่อบำบัดที่เลี้ยงสาหร่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.7 คุณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกก่อนและหลัง
บำบัดโดยใช้สาหร่ายพมวง ในระยะเวลา 8 สัปดาห์

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมวง *Gracilaria fisheri* ในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งประมาณสัปดาห์ละ 2 ครั้ง และเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำก่อนและหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยเลือกครั้งที่มีระยะเวลาพักเก็บของน้ำเสียในบ่อดอกที่เลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 2 วัน ทำการทดลองเป็นประจำทุกสัปดาห์ ระยะเวลารวม 8 สัปดาห์ ได้ผลดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 13 ภาคผนวก ก และในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 คุณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกก่อนและหลังบำบัด
โดยใช้สาหร่ายพมวงที่มีระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 2 วัน ในระยะรวมเวลา 8 สัปดาห์

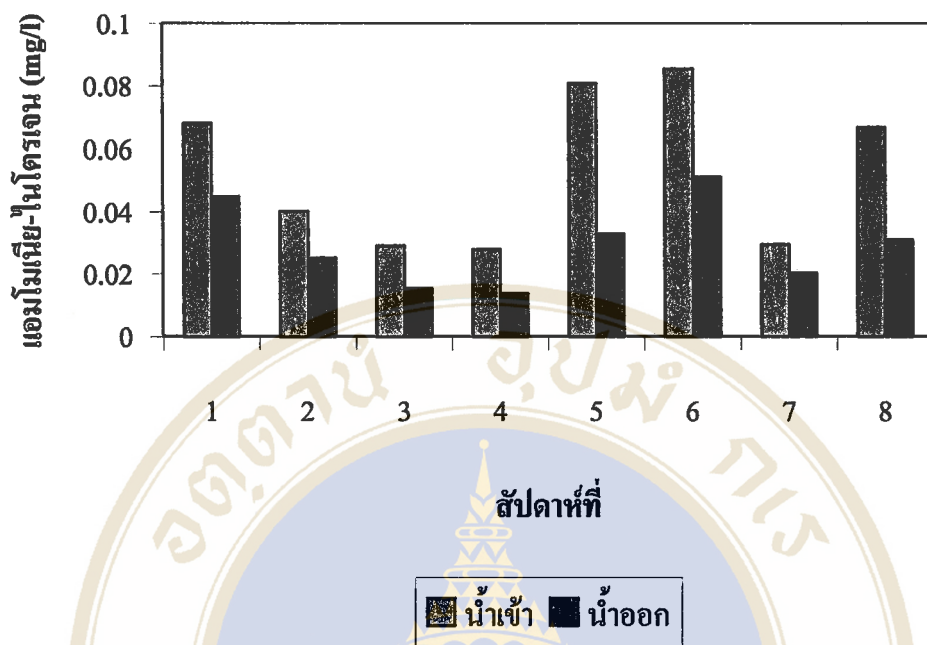
Parameter	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ช่วงข้อมูล	เฉลี่ย	ช่วงข้อมูล	เฉลี่ย
ความเค็ม (ppt)	13 - 18	15.63	13 - 17	15.38
อุณหภูมิ (c)	29.9 - 31.8	30.49	30.2 - 32.3	31.02
pH	7.92 - 8.22	8.07	7.79 - 8.13	8.04
Alkalinity (mg/l)	67.3 - 81.3	74.6	63.3 - 78.0	71.6
DO (mg/l)	7.96 - 8.23	8.08	7.90 - 8.13	8.03
CO ₂ (mg/l)	0 - 2.66	1.04	0 - 1.66	0.29
NH ₃ -N (mg/l)	0.0279 - 0.0856	0.0534	0.0139 - 0.0512	0.0294
NO ₂ -N (mg/l)	0.0135 - 0.0342	0.0237	0.0111 - 0.0254	0.0176
NO ₃ -N (mg/l)	0.0142 - 0.0399	0.0255	0.0128 - 0.0324	0.0233
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.0351 - 0.0460	0.0386	0.0278 - 0.0375	0.0313
BOD (mg/l)	1.79 - 3.31	2.32	1.54 - 1.84	1.70
Transparency (cm)	50 - 95	72.5	50 - 95	71.9
ค่าความเข้มของแสง (ลักซ์)	68210 - 82630	74740	69360 - 80900	74640

4.8 การเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อกดลองโดยใช้สาหร่ายพม nang ที่ระยะเวลาพักเก็บของน้ำเสีย 2 วัน

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพม nang *Gracilaria fisheri* ในบ่อบรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งประมาณสัปดาห์ละ 2 ครั้ง และเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำก่อนและหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยเลือกครั้งที่มียุทธศาสตร์พักเก็บของน้ำเสียในบ่อกดลองที่เลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 2 วัน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในช่วงเวลา 8 สัปดาห์ ดังนี้

4.8.1 การเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน

การศึกษการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อกดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและมีระยะเวลาพักเก็บของน้ำเสีย 2 วัน เป็นเวลารวม 8 สัปดาห์ มีผลการทดลองดังนี้ ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำที่รับเข้าสู่บ่อกดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0279 – 0.0856 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0534 มก./ล. และน้ำที่ออกจากบ่อกดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0139 – 0.0512 มก./ล. และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0294 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 14 ภาคผนวก ก และในรูปที่ 4.12

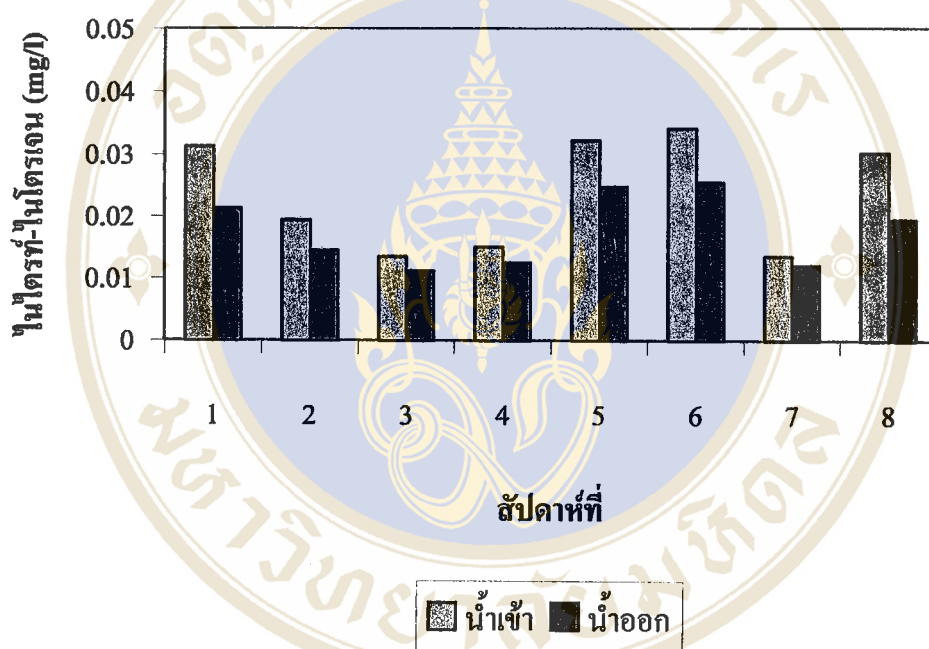


รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกิ้งกูดาค่าที่เข้าและออกจากบ่อดูดองโดยมีระยะเวลาเก็บ 2 วัน ในระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์

ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำที่นำมาเลี้ยงสาหร่ายในบางสัปดาห์จะมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมากเนื่องจากน้ำที่รับเข้ามาในการเลี้ยงกิ้งกูดามีคุณภาพแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์ ถ้าน้ำที่รับเข้ามาเลี้ยงกิ้งกูดามีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมากทำให้น้ำที่ปล่อยออกมาหลังจากการเลี้ยงกิ้งกูดามีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมากตามไปด้วย แต่เมื่อนำมาใช้เลี้ยงสาหร่ายในบ่อดูดองที่มีระยะเวลากักเก็บของน้ำเสีย 2 วัน ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน จะมีการเปลี่ยนแปลงลดลงในทุกสัปดาห์ โดยมีประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 32.63% , 37.46% , 60.48% , 50.18% , 59.16% , 40.19% , 31.52% และ 53.59% ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.65% (ตารางที่ 15 ภาคผนวก ก) แสดงว่าการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายสามารถทำให้ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำเสียจากการเลี้ยงกิ้งกูดาค่าลดลง

4.8.2 การเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) ในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกที่เลี้ยงสาหร่ายและมีระยะเวลาเก็บของน้ำเสีย 2 วัน เป็นเวลารวม 8 สัปดาห์ มีผลการทดลองดังนี้ ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) ของน้ำที่รับเข้าสู่อบอดอก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0135 – 0.0342 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0237 มก./ล. และน้ำที่ออกจากบ่อดอกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0111 – 0.0254 มก./ล. และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0176 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 14 ภาคผนวก ก และในรูปที่ 4.13

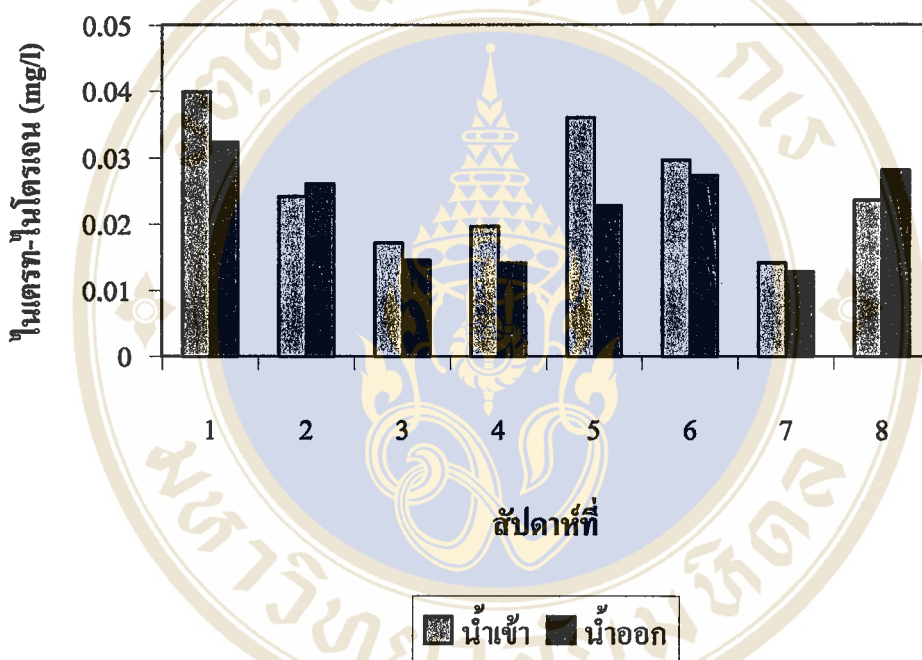


รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เข้าและออกจากบ่อดอกโดยมีระยะเวลาเก็บ 2 วัน ในระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพม nang ในบ่อดอกที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีระยะเวลาเก็บของน้ำเสีย 2 วันพบว่าค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนของน้ำที่นำมาเลี้ยงสาหร่ายมีการเปลี่ยนแปลงลดลงในทุกสัปดาห์และมีประสิทธิภาพในการลดค่าไนไตรท์ - ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 8 ตามลำดับดังนี้ 31.95 % , 15.29 % , 17.78 % , 16.66 % , 22.98 % , 25.73 % , 11.11 % , 35.76 % และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.40 % (ตารางที่ 15 ภาคผนวก ก) แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงสาหร่ายพม nang ในบ่อดอกสามารถทำให้ค่าไนไตรท์ - ไนโตรเจนลดลงได้เช่นกัน

4.8.3 การเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดอกที่เลี้ยงสาหร่ายและมีระยะเวลาเก็บเกี่ยวของน้ำเสีย 2 วัน เป็นเวลารวม 8 สัปดาห์ มีผลการทดลองดังนี้ ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำที่รับเข้าสู่บ่อดอก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0142 – 0.0399 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0255 มก./ล. และน้ำที่ออกจากบ่อดอกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0128 – 0.0324 มก./ล. และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0223 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 14 ภาคผนวก ก และในรูปที่ 4.14

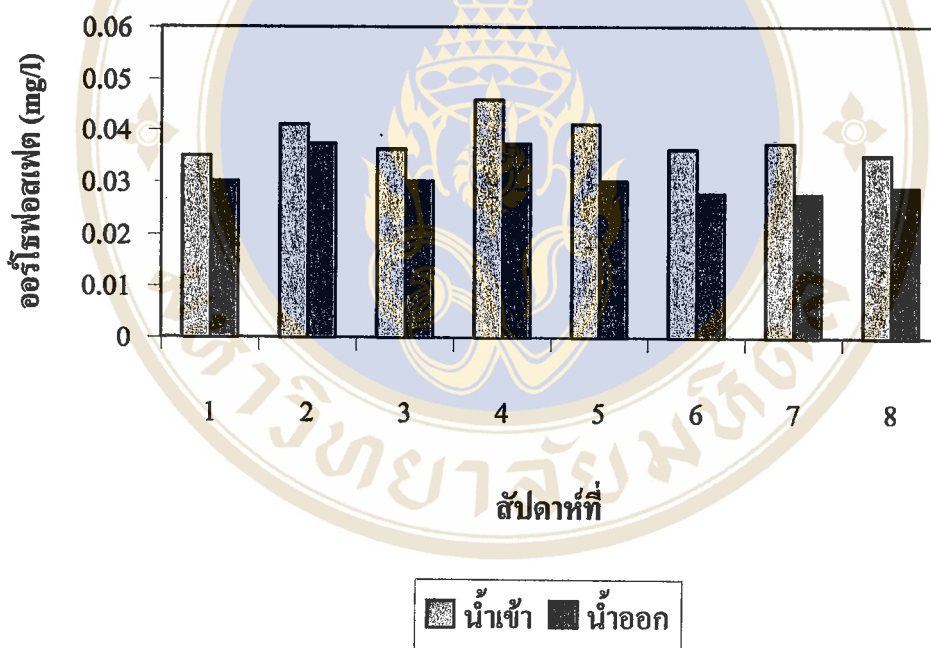


รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เข้าและออกจากบ่อดอกโดยมีระยะเวลาเก็บเกี่ยว 2 วัน ในระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์

จากการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายในบ่อที่รับน้ำเสียที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวของน้ำเสีย 2 วันพบว่า ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ของน้ำที่นำมาเลี้ยงสาหร่ายมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเกือบทุกสัปดาห์ ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 2 และ 8 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีประสิทธิภาพการลดค่าไนเตรท - ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 18.80 % , -8.29 % , 14.53 % , 27.55 % , 36.44 % , 8.19 % , 9.86 % , -19.57 % และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.10 % ดังแสดงในตารางที่ 15 ภาคผนวก ก

4.9 การเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารประกอบออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดกโดยใช้สาหร่ายพม nang ที่ระยะเวลาพักเก็บของน้ำเสีย 2 วัน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดกที่เลี้ยงสาหร่ายและมีระยะเวลาพักเก็บของน้ำเสีย 2 วัน เป็นเวลารวม 8 สัปดาห์ มีผลการทดลองดังนี้ ค่าออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ของน้ำที่รับเข้าสู่บ่อดก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0351 – 0.0460 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0386 มก./ล. และน้ำที่ออกจากบ่อดกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0278 – 0.0375 มก./ล. และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0313 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.15

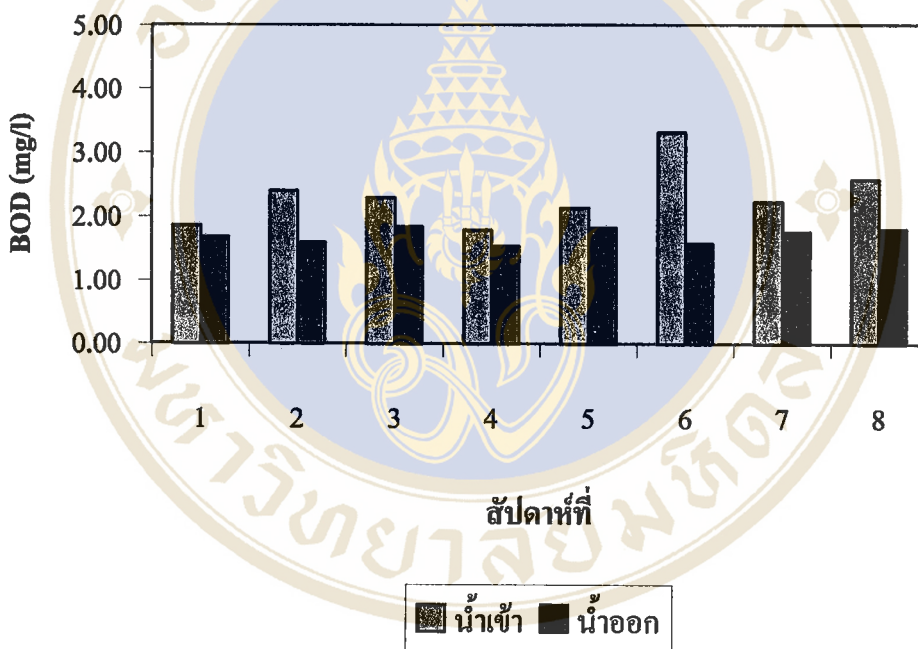


รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เข้าและออกจากบ่อดกโดยมีระยะเวลาพักเก็บ 2 วัน ในระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพม nang ในบ่อดกที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีระยะเวลาพักเก็บของน้ำเสีย 2 วันพบว่าค่าออร์โธฟอสเฟตของน้ำที่นำมาเลี้ยงสาหร่ายมีการเปลี่ยนแปลงลดลงในทุกสัปดาห์และมีประสิทธิภาพในการลดค่าออร์โธฟอสเฟตในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 8 ตามลำดับดังนี้ 13.96 %, 8.76 %, 16.53 %, 18.48 %, 26.28 %, 23.14 %, 15.86 %, 17.38 % และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.55% ดังแสดงในตารางที่ 15 ภาคผนวก ก

4.10 การเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพในการลดปริมาณบีโอดีของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อกดลองโดยใช้สาหร่ายพม nang ที่ระยะเวลาพักเก็บของน้ำเสีย 2 วัน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณบีโอดีในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อกดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและมีระยะเวลาพักเก็บของน้ำเสีย 2 วัน เป็นเวลารวม 8 สัปดาห์ มีผลการทดลองดังนี้ ค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำที่รับเข้าสู่บ่อกดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.79 - 3.31 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.32 มก./ล. และน้ำที่ออกจากบ่อกดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 1.54 - 1.84 มก./ล. และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.70 มก./ล. ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีโอดี (BOD) ของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เข้าและออกจากบ่อกดลองโดยมีระยะเวลาพักเก็บ 2 วัน ในระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์

จากการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายในบ่อที่รับน้ำเสียที่มีระยะเวลาพักเก็บของน้ำเสีย 2 วันพบว่า ค่าบีโอดีของน้ำที่นำมาเลี้ยงสาหร่ายมีการเปลี่ยนแปลงลดลงทุกสัปดาห์ โดยมีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 9.68 % , 33.33 % , 19.65 % , 13.97 % , 14.55 % , 52.27 % , 20.72 % , 29.96 % ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.27 % ดังแสดงในตารางที่ 15 ภาคผนวก ก

4.11 น้ำหนักของสาหร่ายผมนาง *Gracilaria fisheri* ที่เลี้ยงในบ่อทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายผมนาง *Gracilaria fisheri* ด้วยความหนาแน่น 1,500 กรัมต่อแผง (500 กรัมต่อตารางเมตร) จำนวนทั้งหมด 80 แผง ในบ่อทดลองขนาด 1,600 ตารางเมตรที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลารวมทั้งหมด 8 สัปดาห์ มีการชั่งน้ำหนักสดของสาหร่ายทุกแผง โดยนำสาหร่ายที่อยู่ในแผงพลาสติกมาบันทึกน้ำหนักแล้วนำกลับลงไปเลี้ยงอย่างเดิมโดยไม่มีการเก็บเกี่ยว บันทึกน้ำหนักทั้งหมด 5 ครั้งแต่ละครั้งห่างกัน 2 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังนี้

สาหร่ายแถวที่ 1 มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 15.00 กก. และมีน้ำหนักเมื่อเลี้ยงครบสัปดาห์ที่ 2 , สัปดาห์ที่ 4 , สัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 15.00 , 21.13 , 29.72 และ 42.12 กก. ตามลำดับ (เนื่องจากในสัปดาห์ในสัปดาห์เริ่มต้นถึงสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายในแถวนี้มีตะกอนมาจับเป็นจำนวนมากทำให้สาหร่ายมีคุณภาพไม่ดี ในสัปดาห์ที่ 2 จึงนำสาหร่ายชุดเก่าออกและนำสาหร่ายชุดใหม่จำนวน 15.00 กก. มาเลี้ยงแทน)

สาหร่ายแถวที่ 2 มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 15.00 กก. และมีน้ำหนักเมื่อเลี้ยงครบสัปดาห์ที่ 2 , สัปดาห์ที่ 4 , สัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 28.93 , 61.95 , 52.07 และ 52.00 กก. ตามลำดับ

สาหร่ายแถวที่ 3 มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 15.00 กก. และมีน้ำหนักเมื่อเลี้ยงครบสัปดาห์ที่ 2 , สัปดาห์ที่ 4 , สัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 18.73 , 34.20 , 31.47 และ 44.76 กก. ตามลำดับ

สาหร่ายแถวที่ 4 มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 15.00 กก. และมีน้ำหนักเมื่อเลี้ยงครบสัปดาห์ที่ 2 , สัปดาห์ที่ 4 , สัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 30.03 , 57.86 , 55.93 และ 66.55 กก. ตามลำดับ

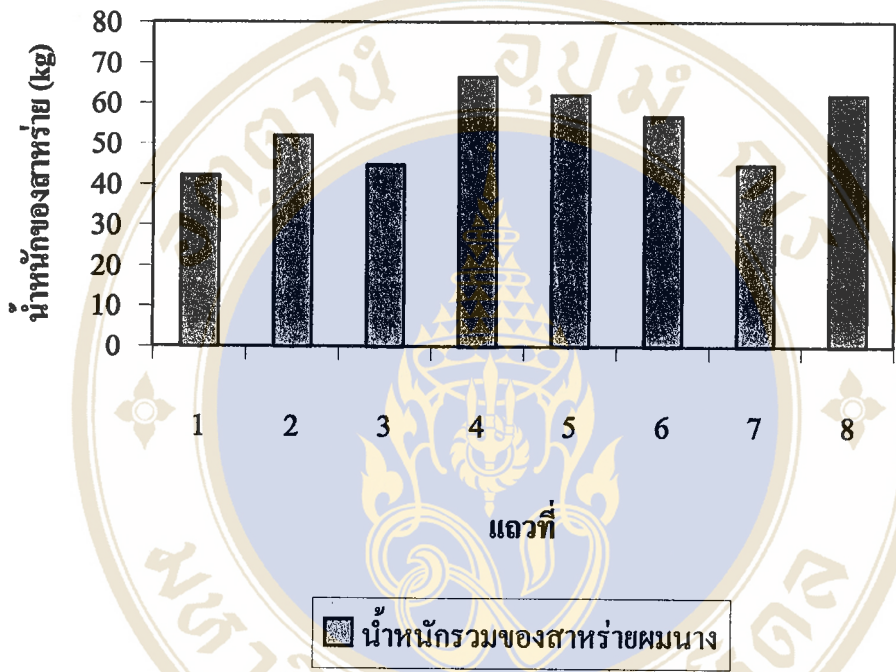
สาหร่ายแถวที่ 5 มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 15.00 กก. และมีน้ำหนักเมื่อเลี้ยงครบสัปดาห์ที่ 2 , สัปดาห์ที่ 4 , สัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 19.00 , 33.56 , 39.53 และ 62.09 กก. ตามลำดับ

สาหร่ายแถวที่ 6 มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 15.00 กก. และมีน้ำหนักเมื่อเลี้ยงครบสัปดาห์ที่ 2 , สัปดาห์ที่ 4 , สัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 24.37 , 43.12 , 45.08 และ 56.83 กก. ตามลำดับ

สาหร่ายแถวที่ 7 มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 15.00 กก. และมีน้ำหนักเมื่อเลี้ยงครบสัปดาห์ที่ 2 , สัปดาห์ที่ 4 , สัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 25.91 , 42.38 , 31.87 และ 44.68 กก. ตามลำดับ

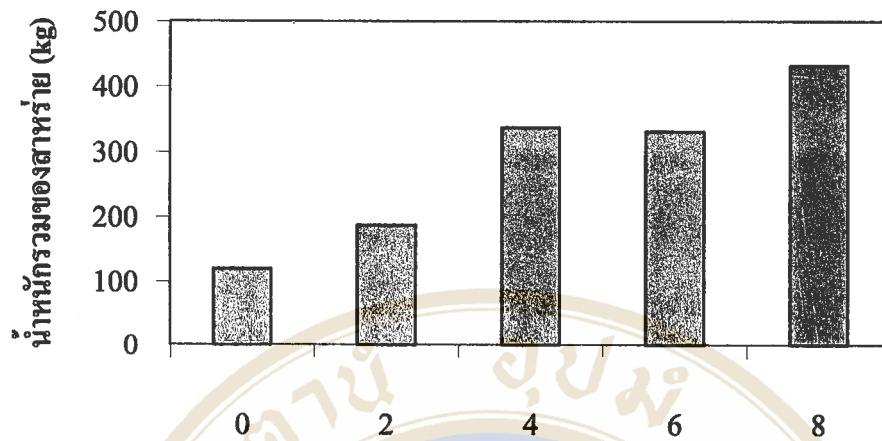
สาหร่ายแถวที่ 8 มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 15.00 กก. และมีน้ำหนักเมื่อเลี้ยงครบสัปดาห์ที่ 2 , สัปดาห์ที่ 4 , สัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 24.90 , 38.75 , 45.76 และ 61.96 กก. ตามลำดับ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 8 สาหร่ายมีผลผลิตในแถวที่ 1 ถึงแถวที่ 8 ตามลำดับ ดังนี้ 42.12 กก. , 52.00 กก. , 44.76 กก. , 66.55 กก. , 62.09 กก. , 56.83 กก. , 44.68 กก. และ 61.96 กก. ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 น้ำหนักรวมของสาหร่ายผสมนางในแต่ละแถวที่เลี้ยงในบ่อทดลองในสัปดาห์ที่ 8

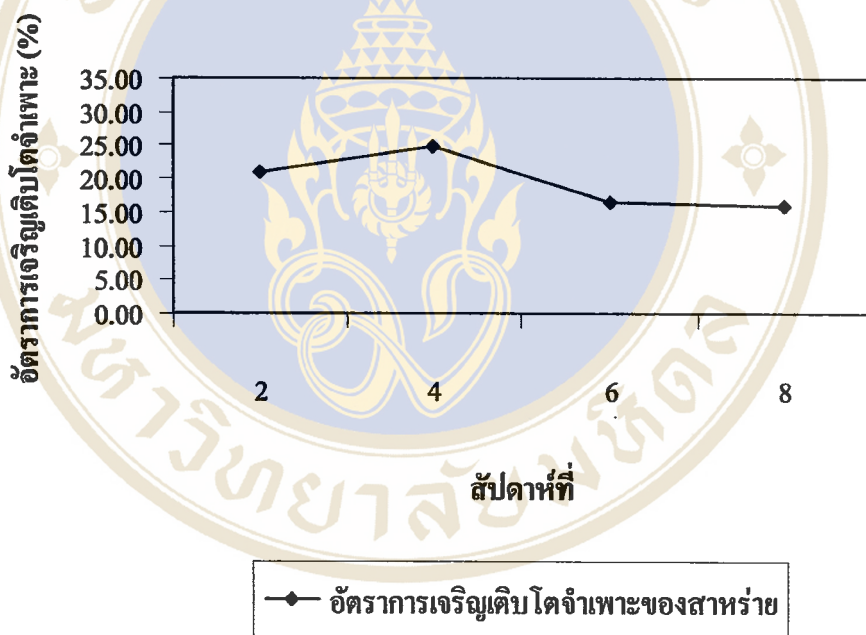
เมื่อรวมน้ำหนักของสาหร่ายทั้งหมด 80 แผง ซึ่งมีน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 120.00 กก. จะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 เป็น 186.82 กก. และเพิ่มขึ้นอีกในสัปดาห์ที่ 4 เป็น 337.94 กก. จากนั้นลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 6 เหลือ 331.41 กก. แล้วเพิ่มขึ้นอีกครั้งเป็น 430.99 กก. ในสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 น้ำน้กรวมของสาหร่ายพมนางที่เลี้ยงในบ่อกทดลองในแต่ละสัปดาห์

4.12 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพมนางที่เลี้ยงในบ่อทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* ที่เลี้ยงในบ่อทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยเวลาเทียบกับน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงดังต่อไปนี้ สัปดาห์ที่ 2 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 20.91 % แล้วเพิ่มขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 เท่ากับ 24.76 % จากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายจะลดลงในสัปดาห์ที่ 6 เป็น 16.57 % และลดลงต่ำที่สุดในสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง มีค่าเท่ากับ 15.81 % ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพมนางที่เลี้ยงในบ่อทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* 1,500 กรัมในแผงตาข่ายพลาสติกขนาด 3 ตารางเมตร จำนวน 80 แผง ในบ่อทดลองขนาด 1,600 ตารางเมตร ที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งเป็นประจำประมาณสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลารวม 8 สัปดาห์ ทำให้ผลผลิตของสาหร่ายเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นเลี้ยง 120.00 กิโลกรัมเป็น 430.99 กิโลกรัม และมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 เท่ากับ 20.91 % , 24.76 % , 16.57 % , 15.81 % เมื่อเทียบกับสัปดาห์เริ่มต้น จะเห็นได้ว่าสาหร่ายจะมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 จากนั้นจะเริ่มลดลงในสัปดาห์ต่อไป เนื่องจากใน 4 สัปดาห์แรกสาหร่ายจะ

เจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นมากทำให้ความหนาแน่นของสาหร่ายในแต่ละแผงเพิ่มขึ้น จนเกิดการบังแสงกันเอง สาหร่ายจะเริ่มโตช้าลง บางส่วนเริ่มเน่าและตายไป Kimon Bird (44) กล่าวไว้ว่า เมื่อสาหร่ายเริ่มโต หนาและเริ่มบังแสงกันเองจะทำให้สาหร่ายโตช้าลง สอดคล้องกับการทดลองของเกรียงไกร (36) ที่ทดลองเลี้ยงสาหร่ายพม nang โดยวิธีสอดเส้นเชือกในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นใน 4 สัปดาห์หลังจากนั้นจะเริ่มลดลงเช่นกัน โดยมีน้ำหนักเริ่มต้น 8.00 กิโลกรัมและเพิ่มขึ้นเป็น 93.28 กิโลกรัมในเวลา 8 สัปดาห์ และมีอัตราการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 2 , 4 , 6 และ 8 เท่ากับ 33.01 % , 34.22 % , 32.29% และ 30.70 % ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการทดลองเลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ครั้งนี้ มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าการทดลองของเกรียงไกร เนื่องจากสาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีค่าความเค็มในช่วง 20-35 ส่วนในพัน (38) ในการทดลองครั้งนี้ใช้น้ำเสียที่นำมาใช้เลี้ยงสาหร่ายมีค่าความเค็มต่ำคือ 11 – 12 ส่วนในพัน ในขณะที่การทดลองของเกรียงไกรมีค่าความเค็มสูงกว่าคือ 33 ส่วนในพัน ในการทดลองของวิวรรณ (25) ที่ทดลองเลี้ยงสาหร่ายพม nang แบบผลผลิตสูงในบ่อดิน โดยมีการสูบน้ำทะเลเข้าบ่อให้ระดับน้ำคงที่ทุกวันและใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 จำนวน 300 กรัมทุกสัปดาห์ มีการเก็บเกี่ยวเดือนละ 2 ครั้งโดยสาหร่ายมีน้ำหนักเริ่มต้น 90.0 กิโลกรัมเมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 8 เดือนสามารถเก็บเกี่ยวได้น้ำหนักเพิ่ม 141.0 กิโลกรัม และการทดลองของคณิตและคุสิต (46) ที่เลี้ยงสาหร่ายพม nang บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก โดยทดลองเลี้ยงสาหร่ายพม nang ระยะเวลา 3 เดือน มีการเก็บเกี่ยวสาหร่ายแบบเดือนละครั้งและแบบเก็บเกี่ยวครั้งเดียว มีน้ำหนักสาหร่ายเมื่อเริ่มต้นทดลอง 18 กิโลกรัม พบว่าการเก็บเกี่ยวเดือนละครั้งได้ผลผลิตรวม 88.7 กิโลกรัมและการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งเดียวได้ผลผลิต 97.1 กิโลกรัม และการทดลองของสุชาติ (47) ที่เลี้ยงสาหร่ายพม nang 20.0 กิโลกรัมในกระชังในบ่อเลี้ยงกุ้งสาหร่ายจะเจริญเติบโตมากในช่วง 2 เดือนแรกและจะลดลงต่ำสุดในเดือนที่ 3 มีผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 20.0 กิโลกรัมเป็น 59.5 กิโลกรัม ในการทดลองครั้งนี้มีปัญหาเรื่องตะกอนดินที่มากับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบางสัปดาห์มีค่อนข้างมากเมื่อสาหร่ายมีความหนาแน่นมากขึ้น ทำให้ตะกอนดินจับสาหร่ายและแผงตาข่ายมากขึ้นตาม การทำความสะอาดทำได้ยากขึ้น ตะกอนดินที่ปกคลุมสาหร่ายจะทำให้สาหร่ายที่ไม่ได้รับแสงเริ่มเน่าและตายไป นอกจากนี้การชั่งน้ำหนักสาหร่ายในแต่ละครั้งจะต้องนำแผงตาข่ายพลาสติกขึ้นมาจากบ่อ ในการเคลื่อนย้ายแผงตาข่ายพลาสติกที่มีสาหร่ายหนาแน่นมากสาหร่ายจะมากองรวมกัน เมื่อนำไปเลี้ยงครั้งต่อไปสาหร่ายที่มากองรวมกันนั้นจะมีการเจริญเติบโตไม่ดี สาหร่ายส่วนที่ไม่ได้รับแสงจะเริ่มเน่าและตายไป ทำให้น้ำหนักสาหร่ายในบางสัปดาห์มีต่ำลงด้วย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาเรื่องการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้สาหร่ายพม nang *Gracilaria fisheri* ในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่ทำการทดลองในพื้นที่จริง โดยทำการทดลองเลี้ยงสาหร่ายในบ่อดินขนาด 1,600 ตารางเมตรจำนวน 1 บ่อซึ่งรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงกุ้งด้วยความหนาแน่น 150,000 ตัวต่อบ่อขนาด 4 ไร่ที่มีระยะเวลาการเลี้ยงเดือนที่ 2 ถึงเดือนที่ 4 จำนวน 2 บ่อ การทดลองครั้งนี้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดทดลองที่มีการเลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่ายพม nang และศึกษาผลผลิตและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อรับน้ำเสียเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ตอนดังนี้ การทดลองตอนที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำเสียในบ่อดทดลองที่มีการเลี้ยงสาหร่ายพม nang *Gracilaria fisheri* 500 กรัมต่อดารางเมตรคือเลี้ยงสาหร่าย 1,500 กรัมในแพงด้ายพลาสติกพื้นที่ 3 ตารางเมตร จำนวน 80 แผง และศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำเสียในบ่อดทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายพม nang โดยทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำทุกๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลาทั้งหมด 66 ชั่วโมง การทดลองตอนที่ 2 ศึกษาผลผลิตและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพม nang ที่เลี้ยงในบ่อดทดลองที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากการเลี้ยงกุ้งเป็นประจำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง โดยเริ่มต้นเลี้ยงสาหร่าย 1,500 กรัมต่อแผง จำนวน 80 แผง รวมทั้งหมด 120.00 กิโลกรัม ในการทดลองมีการชั่งน้ำหนักสดของสาหร่ายทุกๆ 2 สัปดาห์ คือสัปดาห์ที่ 2 , 4 , 6 และ 8 และทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำก่อนและหลังการบำบัดโดยใช้สาหร่ายพม nang ทุกๆ สัปดาห์โดยเลือกครั้งที่ม ีระยะเวลาเก็บเก็บของน้ำเสียในบ่อดทดลอง 2 วัน ทำการทดลองเป็นเวลารวมทั้งหมด 8 สัปดาห์

ค่าคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ pH ความเค็ม ความเป็นด่างของน้ำ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ ค่าความโปร่งใสของน้ำ ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ค่าออร์โธฟอสเฟต ค่าบีโอดี และค่าความเข้มของแสง เมื่อได้ผลการทดลองจะรายงานการเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพน้ำต่างๆ หาประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต และ บีโอดีของการทดลองแต่ละครั้งคือการเลี้ยงสาหร่ายพม nang 500 กรัมต่อดารางเมตร

ครั้งที่ 1 , ครั้งที่ 2 และการทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่าย รวมถึงศึกษาผลผลิตและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพมนางในแต่ละสัปดาห์ด้วย จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 1 มีประสิทธิภาพในการลดสารประกอบไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟตและค่าบีโอดี เมื่อมีระยะเวลาเก็บน้ำเสียในบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 1 และ 2 วันตามลำดับ ดังต่อไปนี้ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.57% และ 29.51% , ไนไตรท์-ไนโตรเจน 1.51% และ 5.52 % , ไนเตรท-ไนโตรเจน 14.33 % และ 17.99 % , ออร์โธฟอสเฟต 19.25 % และ 29.50 % , บีโอดี 4.66 % และ 28.26%

5.1.2 การทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* 500 กรัมต่อตารางเมตรครั้งที่ 2 มีประสิทธิภาพในการลดสารประกอบไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟตและค่าบีโอดี เมื่อมีระยะเวลาเก็บน้ำเสียในบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 1 และ 2 วันตามลำดับ ดังต่อไปนี้ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 8.21 %และ 36.95 % , ไนไตรท์-ไนโตรเจน 9.31 % และ 15.38 % , ไนเตรท-ไนโตรเจน 4.32% และ 14.20 % , ออร์โธฟอสเฟต 18.87 % และ 34.71 % , บีโอดี 7.07 % และ 15.49 %

5.1.3 การทดลองที่ไม่มีการเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* เมื่อมีระยะเวลาเก็บน้ำเสียในบ่อทดลองเป็นเวลา 2 วัน ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน , ไนไตรท์-ไนโตรเจน , ไนเตรท-ไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟตและค่าบีโอดีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากน้ำที่นำเข้ามาทำการทดลอง มีประสิทธิภาพในการลดสารประกอบไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟตและค่าบีโอดีเมื่อมีระยะเวลาเก็บน้ำเสียในบ่อทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 1 และ 2 วันตามลำดับดังต่อไปนี้ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 3.26 % และ -0.32% , ไนไตรท์-ไนโตรเจน -1.55 %และ-11.02 % , ไนเตรท-ไนโตรเจน -9.09% และ-6.19 % , ออร์โธฟอสเฟต -14.14 % และ -17.26 % , ค่าบีโอดี -2.14 % และ -8.29 %

5.1.4 การทดลองเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* 1,500กรัมต่อแผง จำนวน 80 แผง ในบ่อทดลองที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักสาหร่ายรวมเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 120 กก. จากนั้นเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 เป็น 186.82 กก. และเพิ่มขึ้นอีกในสัปดาห์ที่ 4 เป็น 337.94 กก. จากนั้นเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 6 เป็น 331.41 กก. และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 8 เป็น 430.99 กก. ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในสัปดาห์ที่ 2 , 4 , 6 และ 8 เมื่อเทียบกับสัปดาห์เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 20.91% , 24.76% , 16.57% และ 15.81% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในบางสัปดาห์สาหร่ายมีการเจริญเติบโตลดลงเนื่องจากเมื่อสาหร่ายในแผงตาข่ายพลาสติกเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนแน่นสาหร่ายจะเกิดการบังแสงกันเอง สาหร่ายที่ไม่ได้รับแสงจะตายไป จึงควรมีการเก็บเกี่ยวสาหร่ายบ้างเพื่อป้องกันไม่ให้สาหร่ายแน่นจนเกินไป รวมไปถึงในการทดลองนี้ มีตะกอนที่มากับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้ง ตะกอนจะมาเกาะสาหร่ายและแผงตาข่ายทำให้สาหร่ายไม่ได้รับแสงเช่นกัน

5.1.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อดอกที่มีการเลี้ยงสาหร่ายพม nang *Gracilaria fisheri* 1,500 กรัมต่อแ่ง จำนวน 80 แ่ง ในบ่อดอกมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำทุกสัปดาห์โดยเลือกครั้งที่มืระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสีย 2 วันเป็นเวลารวม 8 สัปดาห์ มีผลดังนี้ น้ำที่รับเข้าในบ่อดอกมีค่าเฉลี่ยของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน , ไนไตรท์-ไนโตรเจน , ไนเตรท-ไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟตและค่าบีโอดีเท่ากับ 0.0534 มก./ล. , 0.0237 มก./ล. , 0.0255 มก./ล. , 0.0386 มก./ล. และ 2.32 มก./ล. ตามลำดับ และน้ำที่ออกจากบ่อดอกมีค่าเฉลี่ยของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน , ไนไตรท์-ไนโตรเจน , ไนเตรท-ไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟตและค่าบีโอดีเท่ากับ 0.0289 มก./ล. , 0.0176 มก./ล. , 0.0223 มก./ล. , 0.0313 มก./ล. และ 1.70 มก./ล. ตามลำดับโดยมีค่าประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน , ไนไตรท์-ไนโตรเจน , ไนเตรท-ไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟตและบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 45.65% , 23.40% , 11.00% , 17.55% และ 24.27% ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.2.1 การทดลองเลี้ยงสาหร่ายพม nang ในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำซึ่งมีระยะเวลากักเก็บน้ำ 1 วันสามารถลดค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน , ไนไตรท์-ไนโตรเจน , ไนเตรท-ไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟต และค่าบีโอดีได้ และจะลดลงมากขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลากักเก็บเป็น 2 วัน และค่าประสิทธิภาพในการลดสารประกอบไนโตรเจน , ออร์โธฟอสเฟตและบีโอดีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลากักเก็บเช่นกัน ถ้าไม่มีข้อจำกัดในการเปลี่ยนถ่ายน้ำควรปล่อยให้น้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งมีการกักเก็บในบ่อรับน้ำเสียที่เลี้ยงสาหร่ายอย่างน้อย 2 วัน

5.2.2 ในการเลี้ยงสาหร่ายพม nang ในบ่อรับน้ำเสีย เมื่อสาหร่ายมีการเจริญเติบโตหนาแน่นมากจะเกิดปัญหาสาหร่ายบังแสงกันเอง สาหร่ายที่ไม่ได้รับแสงจะตาย ทำให้ได้ผลผลิตไม่เต็มที่ ควรมีการตรวจสอบถ้าสาหร่ายมีความหนาแน่นเกินไปควรมีการเก็บเกี่ยวสาหร่ายบางส่วนออกเป็นระยะ

5.2.3 น้ำเสียที่ได้รับจากการเลี้ยงกุ้งในบางสัปดาห์จะมีตะกอนค่อนข้างมาก เมื่อนำมาเลี้ยงสาหร่ายพม nang ในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ตะกอนจะมาปกคลุมสาหร่าย ทำให้สาหร่ายสังเคราะห์แสงไม่ได้ สาหร่ายจะเริ่มเน่าและตายไป จึงควรมีการทำความสะอาดสาหร่ายเมื่อมีตะกอนมาปกคลุม โดยการเขย่าแ่งตาข่ายพลาสติกให้ตะกอนหลุดออกไป

5.2.4 การชั่งน้ำหนักสาหร่ายในแต่ละครั้ง เมื่อเคลื่อนย้ายแพลงดาข่ายพลาสติกขึ้นจากบ่อจะทำให้สาหร่ายมากองรวมกัน เมื่อนำลงไปเลี้ยงครั้งต่อไปจะทำให้สาหร่ายบางส่วนไม่ได้รับแสง ในการเลี้ยงสาหร่ายให้ได้ผลผลิตดี จึงควรควบคุมให้มีการเคลื่อนย้ายแพลงดาข่ายพลาสติกให้น้อยที่สุด และระมัดระวังไม่ให้สาหร่ายมากองรวมกัน

5.2.5 น้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระหว่างเดือนที่ 3 และเดือนที่ 4 จะมีการปนเปื้อนของสารอาหาร ดังนั้นจึงควรมีการบำบัดน้ำเสียดังกล่าวโดยการเลี้ยงสาหร่ายพืชน้ำในบ่อรับน้ำเสียเพื่อลดการปนเปื้อนของสารอาหารก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

5.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

5.3.1 ควรทำการทดลองเลี้ยงสาหร่ายพืชน้ำในบ่อที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการเลี้ยงกุ้งหนาแน่นมากกว่าและระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งมากกว่าการทดลองในครั้งนี้และควรทดลองเลี้ยงสาหร่ายในบ่อที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งที่มีระยะเวลากักเก็บของน้ำเสียมากกว่า 2 วัน เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของน้ำเสียที่มีระยะเวลากักเก็บของน้ำเสียมากขึ้น

5.3.2 ในการทดลองครั้งนี้มีข้อจำกัดเรื่องบ่อทดลองซึ่งมีเพียง 1 บ่อจึงไม่สามารถทำการเปรียบเทียบทางสถิติ สำหรับการวิจัยต่อไปถ้ามีบ่อทดลองจำนวนมากในการทดลองควรมีการทดลองมากกว่า 2 ซ้ำต่อหน่วยทดลอง

5.3.3 ควรทำการทดลองเลี้ยงสาหร่ายชนิดอื่น ที่เหมาะสมกับคุณภาพน้ำและพื้นที่ที่ใช้ในการทำนากุ้ง เช่น *Gracilaria changii* ในบ่อรับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่จริง เพื่อเป็นการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

รายการอ้างอิง

1. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ปี 2538 ; ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง กองเศรษฐกิจการประมง ; 2540 .
2. Watson A Shaw. Aquaculture and Algae culture - process and products. S.I. : Noyes Data Corp ; 1979.
3. Michael A. Borowhitzka. Micro - Algal biotechnology. 1sted. Newyork : Cambridge University Press ; 1998.
4. ประเทือง เชาวน์กลาง. คุณภาพน้ำทางการประมง. กรุงเทพมหานคร : หจก. สำนักพิมพ์พีลิกส์เซนเตอร์ ; 2534.
5. Edward P. Lincoln F.K. Earle. Wastewater treatment with microalgae. In : I. Akatssuka editor. Introduction to applied phycology. 1st ed. Netherland : SPB Academic , 1990 ; 429-46.
6. กาญจนภรณ์ ถ้วนโนมนต์. สหราชอาณาจักร. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2527.
7. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติการประมงแห่งประเทศไทยปี พ.ศ. 2538 ; เอกสารฉบับที่ 5 /2541.
8. A . I .payne. Use of sewage waste in warm water aquaculture. In Thomas Telford Editor. International symposium on reuse of sewage effluent. 1984 ; 157 - 69.
9. Carole A . Lembi , J. Robert Waaland. Algae and human Affair. 1st ed. Newyork : Cambridge University Press ; 1988.
10. บรรจง เทียนสงฆ์ศรี. การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์ ; 2529.
11. ศิริพร วรกุลดำรงชัย. อิทธิพลของน้ำและดินตะกอนของน้ำทิ้งจากนาุ้งต่อโครงสร้างและการเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลน บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม]. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ; 2540.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

12. ไมตรี ดวงสวัสดิ์, จารุวรรณ สมศิริ. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย ; 2528.
13. Michael J. Pelczar , E.C.S. Chan , Noel R. Krieg. Microbiology Concept and application .1st ed. USA : McGraw - Hill ; 1993.
14. วัลลภ คงเพิ่มพูน. กุ้งกุลาดำ. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เพรสโปรดักส์ ; 2536.
15. กลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา สาขาประมง. กุ้งก้ามกรามและกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เพรสโปรดักส์ ; 2536.
16. ว่าที่ ร.ท.ดำรง โลหะลักษณะเดช. การศึกษาเปรียบเทียบระบบการให้อาหารต่าง ๆ กันเพื่อจัดการคุณภาพน้ำและดินพื้นบ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. [วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาประมง]. กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2540.
17. คณิต ไชยคำ และ พุทธ ส่องแสงจินดา. คุณสมบัติและปริมาณน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาที่มีอัตราความหนาแน่นต่างกัน อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. สงขลา : สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจังหวัดสงขลา ; 2535.
18. M. J. Lin , C.K. and M.C.M. Beveridge. Shrimp and the Environment lesson from the world most rapidly expanding warm water aquaculture sector. Contribution to the ICLARM Conference on Environment and third world aquaculture developement . Italy 17 - 22 Sept 1990 ; Manila : Internal center for Living aquatic resource management ; 1990.
19. ลดาวัลย์ วนโกสม. ผลการปฏิบัติงานหน่วยบริการเคลื่อนที่ สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดระยอง ; 2539.
20. แฟรงค์ มาเหล็ม. การศึกษาปริมาณ BOD , คุณภาพน้ำและดินบางประการจากบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาที่มีความหนาแน่นต่างกัน. [วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม]. กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ; 2536.

รารการอ้างอิง (ต่อ)

21. คุสตร ดันวรไลย , พุทธร ส่องแสงจรนคา และคณตร ไรชาค้ำ. ปริมาณมลสารท้หมดท้ปล่อยออกจากรบ่เลียงกุ้งกุลาค้ำแบบพัฒนา. สงขลา : สถาบันวรจรการเพาะเลียงสตัว์น้าชายฝุ้ง จ้หวัดสงขลา ; 2536.
22. กองจ้การการคุณภาพน้า กรมควบคุมมลพิษ. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ามาตรฐานคุณภาพน้าประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงวรษาสตรเทคโนโลยี และส้งแวดล้อม ; 2538.
23. กลุ่มส้งแวดล้อมแหล่งเพาะเลียงสตัว์น้าชายฝุ้ง. คุณภาพน้าเพื่การเพาะเลียงสตัว์น้าชายฝุ้ง. สถาบันวรจรการเพาะเลียงสตัว์น้าชายฝุ้ง จ. สงขลา .มงคการพิมพ์ ; 2537.
24. อรุณร มานะกล้า. การเลียงสาหร่ายเขากวาง *Gracilaria changii* . (xia & Abbott) Abbott , Zhang & Xia. ในกระจ้งนบ่อดน. กรุงเทพมหานคร : กองเพาะเลียงสตัว์น้าชายฝุ้ง กรมประมง ; 2539.
25. วรรรธนร ส้งห้ทวีสัคคั. การเลียงสาหร่ายผมนาง *Gracilaria fisheri* . (xia & Abbott) Abbott , Zhang & Xia , แบบผลผลิตสูงนบ่อดน. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลียงสตัว์น้าชายฝุ้ง จ้หวัดจันทรูร ; 2538.
26. ธนรฐา ธรรภพนัธ. การทดลองใช้หอยแมลงภู่เพื่ปรับปรุงคุณภาพน้าท้จากรบ่เลียงกุ้งทะเลแบบพัฒนา. [วรยานรพนัธ ปรญญาวรษาสตรมหาบัณจตร สาขาเทคโนโลยีการบรหารส้งแวดล้อม]. กรุงเทพมหานคร : บัณจตรวรษาลัษ มหาวรษาลัษมหล ; 2537.
27. คุสตร ดันวรไลย. การทดลองเลียงร้าน้าเค็มเพื่วดูประสคัในการควบคุมคุณภาพน้าท้จากรบ่เลียงกุ้งกุลาค้ำแบบพัฒนา. [วรยานรพนัธ ปรญญาวรษาสตรมหาบัณจตร สาขาเทคโนโลยีการบรหารส้งแวดล้อม]. กรุงเทพมหานคร : บัณจตรวรษาลัษ มหาวรษาลัษมหล ; 2534.
28. คณตร ไรชาค้ำ และคุสตร ดันวรไลย. การทดลองใช้หอยแมลงภู่และสาหร่ายผมนางเพื่อบำบ้ดน้าท้ทางชวภาพ จากรบ่เลียงกุ้งกุลาค้ำแบบพัฒนา. สงขลา : สถาบันวรจรการเพาะเลียงสตัว์น้าชายฝุ้ง จ้หวัดสงขลา ; 2535.
29. ศรวรรม คตรประเสริฐ . การใช้สาหร่ายทะเลชวลดปริมาณสารประกอบนโตรเจนน้าท้จากรบ่เลียงกุ้ง. [วรยานรพนัธ ปรญญาวรษาสตรมหาบัณจตร สาขาวรษาสตรการประมง]. กรุงเทพมหานคร : บัณจตรวรษาลัษ มหาวรษาลัษเกษตรศาสตร ; 2538.



รายการอ้างอิง (ต่อ)

30. ทักษิณา สวาทพงษ์. การใช้หญ้าทะเล *Halophila ovalis* ลดปริมาณปิไอดี สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ [วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชนบท] กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ; 2537.
31. อนันต์ ดันสุตะพานิช. การปรับแนวทางการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ “ ระบบปิดและรีไซเคิล” . กรุงเทพมหานคร : กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง ; 2538.
32. อุปลัมภ์ ภวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม.การทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบยั่งยืน โดยการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีวภาพ. กรุงเทพมหานคร : กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง ; 2540.
33. Khanjanapaj Lewmanomont. A Review paper on the Taxonomy of *Gracilaria fisheri*. In Asian countries. Report on regional study and workshop on the taxonomy , ecology and processing of economically important red seaweed June ; 1996.
34. Vithaya srimanobhas , Attaya Kungsuwan . Taxonomy , ecology and processing of red seaweed in Thailand. Report on regional study and workshop on the taxonomy , ecology and processing of economically important red seaweed ; 1996.
35. Khanjanapaj Lewmanomont. Ladda Wongrat and Chatchanee Supanwanid. Algae in Thailand Bangkok : Office of Environmental policy and planning ; 1995.
- 36.เกรียงไกร แก้วสุริยจิต. การใช้ สาหร่ายผมนาง *Gracilaria fisheri* . (xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia , ช่วยลดปริมาณแอมโมเนีย , ไนโตรเจน , ไนเตรท และฟอสเฟตในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง. [วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ การประมง]. กรุงเทพมหานคร :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2537.
37. Gavino C. Trono Jr. A Review of *Gracilaria* Culture in Asia - Pacific and directions for future development. A Report on regional study and workshop on the taxonomy , ecology and processing of Economically Important Red Seaweed ; 1996.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

38. R . Perez and O. Babaroux . Cultivation and Use of Gracilaria. A report on a regional study and workshop on the taxonomy , ecology and processing of economically important red seaweed ; 1996.
39. Eurico C De., Oliveira and Krisler Alvril. The Mariculture of Gracilaria. (Rhodophyta) for the production of agar. Introduction to applied phycology. 1st ed. Netherland SPB Academic ; 1990.
40. De Boer , J.A. Effects of Nitrogen enrichment on growth and phycocolloid content in *Gracilaria foliifera* and *Neogardhiella baileyi* . Processing of the ninth International Seaweed Symposium ; California ; 1978.
41. Cancino ,J. M. Munoz , M. and Orellana. Effect of Epifauna on algal Growth and Quality of the Agar Produce By *Gracilaria verrucosa*. Hydrobiologia ; 1987.
42. Suwalee Chandkrachang. Seaweed Production and Processing. 3 rd ed .Bangkok : Craftman Press Company ; 1990.
43. Seaweed cullture. Aquafarm news. SEAFDEC Asian Aquaculture 1998 : vol xx No.1 February ; 1998.
44. Kimon Bird. Intensive Seaweed Cultivation Aquaculture Magazine. November / December 1989.
45. สุธีวัฒน์ มีสมสืบ. สิริ ทุกข์วิ นาส และอัมพร วงศ์ขวัญ. การเลี้ยงสาหร่ายสีแดง *Euchema* spp. ในบ่อซีเมนต์และในทะเล. กรุงเทพมหานคร : กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง ; 2538.
46. คณิต ไชยคำ และดุสิต ต้นวิไลย. การทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง *Gracilaria fisheri*. บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก. สงขลา : สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา; 2535.
47. สุชาติ เชนรวงศ์ และบุญ บุญเรือง. การทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายผสมนาง. : สงขลา : สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา ; 2531.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

48. วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์ และอรุณ มีกิริยา . การเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* . (xia & Abbott) Abbott , Zhang & Xia , : ที่ความหนาแน่น 2 ระดับร่วมกับปลานิลสีแดง *Oreochromis niloticus* . กรุงเทพมหานคร : กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง ; 2539.
49. วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์ . การเลี้ยงสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* . (xia & Abbott) Abbott , Zhang & Xia , : ร่วมกับปลานิลสีแดง *Oreochromis niloticus* .(Linn.) วิทยานิพนธ์ [ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การประมง]. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2538.
50. American Public Health Association , American Water Works Association , Water Environment Federation. Standard methods for Examination of Water and Wastewater.1992.
51. ศศิธร พุทรวงศ์. ประสิทธิภาพของกกกลม *Cyperus corymbossos* และเหหัวทรงกระเทียม *Eleocharis dulcis* ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดน้ำเสียชุมชน. วิทยานิพนธ์ [ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม]. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2539.
52. Lobban , C.S. , P.S. Harrison and M. J. Duncan. The Physiology Ecology of Seaweed . Cambridge University : London ; 1985.

ภาคผนวก

ข้อมูลคุณภาพน้ำ



ตารางที่ 1 อุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำเสียในบ่อกดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

หน่วย : (°C)

ครั้งที่	ชั่วโมงที่	เวลา	การทดลอง		
			เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่2	ไม่เลี้ยง สาหร่าย
1	0	6.00 น.	30.6	28.3	28.8
2	6	12.00 น.	34.3	32.4	30.9
3	12	18.00 น.	32.8	32.3	30.5
4	18	24.00 น.	29.7	29.8	28.9
5	24	6.00 น.	29.3	29.2	27.5
6	30	12.00 น.	33.9	32.8	31.0
7	36	18.00 น.	31.5	32.4	30.0
8	42	24.00 น.	29.9	30.9	28.3
9	48	6.00 น.	29.8	29.6	26.9
10	54	12.00 น.	34.0	33.1	30.4
11	60	18.00 น.	31.7	31.2	30.0
12	66	24.00 น.	29.8	28.9	27.9

ตารางที่ 2 ค่า pH ของน้ำเสียในบ่อกดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

ครั้งที่	ชั่วโมงที่	เวลา	การทดลอง		
			เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่2	ไม่เลี้ยง สาหร่าย
1	0	6.00 น.	8.07	8.29	8.10
2	6	12.00 น.	8.62	8.55	8.51
3	12	18.00 น.	8.62	8.71	8.73
4	18	24.00 น.	8.32	8.47	8.53
5	24	6.00 น.	8.09	8.40	8.25
6	30	12.00 น.	8.47	8.56	8.69
7	36	18.00 น.	8.49	8.64	8.90
8	42	24.00 น.	8.29	8.39	8.49
9	48	6.00 น.	8.09	8.23	8.44
10	54	12.00 น.	8.50	8.61	8.79
11	60	18.00 น.	8.50	8.70	8.92
12	66	24.00 น.	8.42	8.56	8.68

ตารางที่ 3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำเสียในบ่อกดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและ
เลี้ยงสาหร่าย

หน่วย : (มก./ล.)

ครั้งที่	ชั่วโมงที่	เวลา	การทดลอง		
			เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่2	ไม่เลี้ยงสาหร่าย
1	0	6.00 น.	70	58	88.6
2	6	12.00 น.	78	66.6	91.3
3	12	18.00 น.	82	71.3	90.6
4	18	24.00 น.	68	56	84
5	24	6.00 น.	68	56.6	70
6	30	12.00 น.	82	66	74
7	36	18.00 น.	73.3	82	81.3
8	42	24.00 น.	67.3	58.6	79.3
9	48	6.00 น.	65.3	61.3	74.6
10	54	12.00 น.	74	73.3	86.6
11	60	18.00 น.	70	82	82
12	66	24.00 น.	64.6	66.6	70

ตารางที่ 4 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ของน้ำเสียในบ่อตกตะกอนที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

หน่วย : (มก./ล.)

ครั้งที่	ชั่วโมงที่	เวลา	การทดลอง		
			เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่ายครั้งที่2	ไม่เลี้ยงสาหร่าย
1	0	6.00 น.	5.76	6.13	5.63
2	6	12.00 น.	7.73	8.33	8.56
3	12	18.00 น.	8.03	8.23	8.93
4	18	24.00 น.	5.93	6.96	7.93
5	24	6.00 น.	5.23	6.86	6.26
6	30	12.00 น.	7.80	8.83	8.83
7	36	18.00 น.	8.00	8.96	8.66
8	42	24.00 น.	6.03	7.16	6.86
9	48	6.00 น.	5.36	6.13	6.06
10	54	12.00 น.	8.23	8.43	8.30
11	60	18.00 น.	8.26	8.36	8.16
12	66	24.00 น.	7.10	6.90	6.93

ตารางที่ 5 ค่าความโปร่งใสของน้ำ (Transparency) ของน้ำเสียในบ่อกดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

หน่วย : (cm.)

ครั้งที่	ชั่วโมงที่	เวลา	การทดลอง		
			เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่2	ไม่เลี้ยงสาหร่าย
1	0	6.00 น.	50	50	45
2	6	12.00 น.	45	50	45
3	12	18.00 น.	45	50	45
4	24	6.00 น.	50	45	40
5	30	12.00 น.	45	45	35
6	36	18.00 น.	45	45	35
7	48	6.00 น.	45	45	35
8	54	12.00 น.	45	45	35
9	60	18.00 น.	45	45	35

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของค่าคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ (Dissolved Carbondioxide)ของน้ำเสีย
ในบ่อกดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

หน่วย : (มก./ล.)

ครั้งที่	ชั่วโมงที่	เวลา	การทดลอง		
			เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่2	ไม่เลี้ยง สาหร่าย
1	0	6.00 น.	0	0	1.33
2	6	12.00 น.	0	0	0
3	12	18.00 น.	0	0	0
4	18	24.00 น.	0	0	0
5	24	6.00 น.	0	0	0
6	30	12.00 น.	0	0	0
7	36	18.00 น.	0	0	0
8	42	24.00 น.	0	0	0
9	48	6.00 น.	0	0	0
10	54	12.00 น.	0	0	0
11	60	18.00 น.	0	0	0
12	66	24.00 น.	0	0	0

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มแสง (Light Intensity) ของน้ำเสียในบ่อกดลองที่เลี้ยงและไม่เลี้ยงสาหร่าย

หน่วย : ลิคซ์

ครั้งที่	ชั่วโมงที่	เวลา	การทดลอง		
			เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่2	ไม่เลี้ยง สาหร่าย
1	0	6.00 น.	14866	15266	5900
2	6	12.00 น.	86000	68500	88433
3	24	6.00 น.	15700	19166	4666
4	30	12.00 น.	86300	64933	75366
5	48	6.00 น.	15700	14300	6866
6	54	12.00 น.	83533	97466	79566

ตารางที่ 8 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของน้ำเสียในบ่อกดคล่องที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

หน่วย : (มก./ล.)

ครั้งที่	ชั่วโมงที่	เวลา	การทดลอง		
			เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่2	ไม่เลี้ยง สาหร่าย
1	0	6.00 น.	0.0279	0.0336	0.0339
2	6	12.00 น.	0.0464	0.0405	0.0283
3	12	18.00 น.	0.0452	0.041	0.0312
4	18	24.00 น.	0.0200	0.0213	0.0295
5	24	6.00 น.	0.0249	0.0281	0.0192
6	30	12.00 น.	0.0407	0.0398	0.0301
7	36	18.00 น.	0.0415	0.0325	0.0385
8	42	24.00 น.	0.0317	0.0246	0.0311
9	48	6.00 น.	0.0161	0.0215	0.0264
10	54	12.00 น.	0.0280	0.0270	0.0329
11	60	18.00 น.	0.0298	0.0201	0.0366
12	66	24.00 น.	0.0246	0.0175	0.0272

ตารางที่ 9 ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน (NO₂-N) ของน้ำเสียในบ่อกดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

หน่วย : (มก./ล.)

ครั้งที่	ชั่วโมงที่	เวลา	การทดลอง		
			เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่2	ไม่เลี้ยงสาหร่าย
1	0	6.00 น.	0.0124	0.0193	0.0209
2	6	12.00 น.	0.0214	0.0271	0.0261
3	12	18.00 น.	0.0256	0.0279	0.0294
4	18	24.00 น.	0.0201	0.0244	0.0252
5	24	6.00 น.	0.0189	0.0166	0.0234
6	30	12.00 น.	0.0200	0.0258	0.0286
7	36	18.00 น.	0.0206	0.0261	0.0299
8	42	24.00 น.	0.0191	0.0216	0.0213
9	48	6.00 น.	0.0164	0.0195	0.0230
10	54	12.00 น.	0.0194	0.0237	0.0294
11	60	18.00 น.	0.0201	0.0207	0.0322
12	66	24.00 น.	0.0192	0.0198	0.0283

ตารางที่ 10 ค่ายลรียของค่าไนเรท-ไนโรเจน (NO₃-N) ของน้ำเสี่ยในบ่อทคลองที่เลี่ยงสาหร่าย
และไมเลี่ยงสาหร่าย

หน่วย : (มก./ล.)

คร้งที่	ช่วโมงที่	เวลา	การทคลอง		
			เลี่ยงสาหร่าย คร้งที่1	เลี่ยงสาหร่าย คร้งที่2	ไมเลี่ยง สาหร่าย
1	0	6.00 น.	0.035	0.0309	0.0266
2	6	12.00 น.	0.0371	0.0334	0.0262
3	12	18.00 น.	0.0328	0.0396	0.0229
4	18	24.00 น.	0.0263	0.0256	0.0211
5	24	6.00 น.	0.0226	0.0300	0.0241
6	30	12.00 น.	0.0333	0.0325	0.0332
7	36	18.00 น.	0.0320	0.0344	0.0248
8	42	24.00 น.	0.0244	0.0272	0.0236
9	48	6.00 น.	0.0262	0.0280	0.0221
10	54	12.00 น.	0.0290	0.0298	0.0319
11	60	18.00 น.	0.0283	0.0268	0.0321
12	66	24.00 น.	0.0243	0.0267	0.0168

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของค่าออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ของน้ำเสียในบ่อกดลองที่เลี้ยงสาหร่ายและไม่เลี้ยงสาหร่าย

หน่วย : (มก./ล.)

ครั้งที่	ชั่วโมงที่	เวลา	การทดลอง		
			เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่1	เลี้ยงสาหร่าย ครั้งที่2	ไม่เลี้ยงสาหร่าย
1	0	6.00 น.	0.0260	0.0271	0.0350
2	6	12.00 น.	0.0309	0.0570	0.0425
3	12	18.00 น.	0.0417	0.0597	0.0456
4	18	24.00 น.	0.0303	0.0406	0.0436
5	24	6.00 น.	0.0243	0.0240	0.0405
6	30	12.00 น.	0.0261	0.0424	0.0510
7	36	18.00 น.	0.0288	0.0433	0.0529
8	42	24.00 น.	0.0249	0.0397	0.0459
9	48	6.00 น.	0.0202	0.0298	0.0423
10	54	12.00 น.	0.0253	0.0320	0.0551
11	60	18.00 น.	0.0260	0.0313	0.0506
12	66	24.00 น.	0.0193	0.0274	0.0474

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำเสียในบ่อทคลงที่เลียงสาหร่ายและไมเลียงสาหร่าย

หน่วย : (มก./ล.)

คร้งที่	ช่วโมงที่	เวลา	การทคลง		
			เลียงสาหร่าย คร้งที่1	เลียงสาหร่าย คร้งที่2	ไมเลียง สาหร่าย
1	0	6.00 น.	2.82	2.75	2.82
2	6	12.00 น.	3.62	3.31	4.06
3	12	18.00 น.	3.57	3.06	4.09
4	18	24.00 น.	2.85	2.76	3.97
5	24	6.00 น.	2.30	2.61	2.81
6	30	12.00 น.	3.14	3.04	4.53
7	36	18.00 น.	3.58	2.75	3.99
8	42	24.00 น.	3.29	2.63	3.93
9	48	6.00 น.	2.59	2.72	3.37
10	54	12.00 น.	2.26	2.67	3.99
11	60	18.00 น.	2.24	2.36	4.78
12	66	24.00 น.	2.13	2.30	4.06

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยของค่า อุณหภูมิ (Temperature) , pH , ความเค็ม (Salinity) , ความเป็นกรดเป็นด่าง (Alkalinity) , ออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) , คาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ (Dissolved Carbondioxide) , ความโปร่งใสของน้ำ (Transparency) และค่าความเข้มแสง (Light Intensity) ในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำก่อนและหลังการบำบัดโดยใช้สาหร่ายพมวง โดยมีระยะเวลาเก็บเก็บของน้ำเสีย 2 วัน

ลำดับที่	การทดลอง	ความเค็ม (ppt)	อุณหภูมิ (°C)	pH	ความเป็นกรดเป็นด่าง (มก./ล.)	DO (mg/l)	CO ₂ (mg/l)	Transparency (cm.)	Light Intensity (Lux)
1	น้ำเข้า	15	30.6	8.16	81.3	8.06	0.66	95	68210
	น้ำออก	14	30.6	8.07	78.0	7.90	0	95	71500
2	น้ำเข้า	13	30.1	8.10	80.0	7.96	0	95	70100
	น้ำออก	13	30.2	8.11	77.3	7.90	0	95	69500
3	น้ำเข้า	18	29.9	8.07	78.0	8.23	2.66	85	72100
	น้ำออก	17	31.1	8.10	72.6	8.13	0	80	69360
4	น้ำเข้า	17	29.9	8.08	73.3	8.20	2.33	75	75460
	น้ำออก	17	30.3	7.96	65.3	8.13	1.66	75	69360
5	น้ำเข้า	16	31.8	7.97	78.0	8.00	0	60	71630
	น้ำออก	16	31.7	8.07	76.3	7.96	0	60	79320
6	น้ำเข้า	16	30.4	7.92	67.3	8.06	2.66	65	76530
	น้ำออก	16	30.8	7.79	63.3	8.10	0.66	65	80900
7	น้ำเข้า	15	30.5	8.22	68.6	8.10	0	50	81230
	น้ำออก	15	31.2	8.13	69.3	8.10	0	50	79650
8	น้ำเข้า	15	30.7	8.07	70.3	8.06	0	55	82630
	น้ำออก	15	32.3	8.10	70.6	8.00	0	55	77530

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยของค่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ,ไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) , ไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) , ออร์โธฟอสเฟต ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) และค่าบีโอดี (BOD) ในน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำก่อนและหลังการบำบัดโดยใช้สาหร่ายพม nang โดยมีระยะเวลาเก็บเก็บของน้ำเสีย 2 วัน

(หน่วย : มก./ล.)

ลำดับที่	การทดลอง	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	BOD
1	น้ำเข้า	0.0668	0.0313	0.0399	0.0351	1.86
	น้ำออก	0.0450	0.0213	0.0324	0.0302	1.68
2	น้ำเข้า	0.0403	0.0194	0.0241	0.0411	2.40
	น้ำออก	0.0252	0.0145	0.0261	0.0375	1.60
3	น้ำเข้า	0.0291	0.0135	0.0172	0.0363	2.29
	น้ำออก	0.0115	0.0111	0.0147	0.0303	1.84
4	น้ำเข้า	0.0279	0.0150	0.0196	0.0460	1.79
	น้ำออก	0.0139	0.0125	0.0142	0.0375	1.54
5	น้ำเข้า	0.0808	0.0322	0.0360	0.0411	2.13
	น้ำออก	0.0330	0.0248	0.0227	0.0303	1.82
6	น้ำเข้า	0.0856	0.0342	0.0296	0.0363	3.31
	น้ำออก	0.0512	0.0254	0.0272	0.0279	1.58
7	น้ำเข้า	0.0295	0.0135	0.0142	0.0375	2.22
	น้ำออก	0.0202	0.0120	0.0128	0.0278	1.76
8	น้ำเข้า	0.0668	0.0302	0.0235	0.0351	2.57
	น้ำออก	0.0310	0.0194	0.0281	0.0290	1.80
เฉลี่ย	น้ำเข้า	0.0534	0.0237	0.0255	0.0386	2.32
	น้ำออก	0.0289	0.0176	0.0223	0.0313	1.70

ตารางที่ 15 ประสิทธิภาพในการลดสารประกอบไนโตรเจน ,ออร์โธฟอสเฟต และบีโอดี ในน้ำ
เสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองเมื่อมีระยะเวลาพักเก็บของน้ำเสีย 2 วัน

(หน่วย : %)

สัปดาห์ที่	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ ³⁻ -P	BOD
1	32.63	31.95	18.80	13.96	9.68
2	37.46	15.26	-8.29	8.76	33.33
3	60.48	17.78	14.53	16.53	19.65
4	50.18	16.66	27.55	18.48	13.97
5	59.16	22.98	36.44	26.28	14.55
6	40.19	25.73	8.19	23.14	52.27
7	31.52	11.11	9.86	15.86	20.72
8	53.59	35.76	-19.57	17.38	29.96
เฉลี่ย	45.65	23.40	11.10	17.55	24.27

ตารางที่ 16 น้ำหนักของสารรายแผนางของแถวที่ 1 ซึ่งวัดทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

แผงที่	นน.เริ่มต้น (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่2 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่4 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่6 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่8 (กก./ แผง)
1	1.500	1.500	3.415	3.855	3.855
2	1.500	1.500	2.175	3.225	3.085
3	1.500	1.500	2.405	3.195	4.135
4	1.500	1.500	1.995	2.980	4.170
5	1.500	1.500	1.890	3.065	4.825
6	1.500	1.500	2.165	2.585	3.790
7	1.500	1.500	2.245	2.5	3.905
8	1.500	1.500	2.100	2.600	3.690
9	1.500	1.500	2.095	2.750	4.335
10	1.500	1.500	2.035	3.375	5.070
น้ำหนักรวม	15.00	15.00	21.13	29.72	42.12
เฉลี่ย / ม ²	0.5	0.5	0.7	0.99	1.404
อัตราการเจริญ(%)	0	0	8.56	11.39	12.90

ตารางที่ 17 น้ำหนักของสารรายผสมนางของแถวที่ 2 ซึ่งวัดทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

แผงที่	นน.เริ่มต้น (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่2 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่4 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่6 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่8 (กก./ แผง)
1	1.500	2.810	6.470	6.125	6.600
2	1.500	3.080	6.935	5.275	6.405
3	1.500	2.940	6.215	4.810	6.050
4	1.500	2.950	5.975	4.715	3.875
5	1.500	2.985	6.135	5.075	4.150
6	1.500	2.790	5.205	5.145	4.680
7	1.500	2.965	6.055	5.515	4.585
8	1.500	2.865	6.085	4.930	3.895
9	1.500	2.675	5.875	4.550	4.850
10	1.500	2.870	7.000	5.930	6.915
น้ำหนักรวม	15.00	28.93	61.95	52.07	52.00
เฉลี่ย / ม ²	0.5	0.96	2.06	1.73	1.73
อัตราการ เจริญ (%)	0	32.84	35.46	20.77	15.54

ตารางที่ 18 น้าหนักของสาหร่ายพมนางของแถวที่ 3 ซึ่งวัดทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

แถวที่	นน.รรมต้น (กก./ แถว)	สัปดาห์ที่2 (กก./ แถว)	สัปดาห์ที่4 (กก./ แถว)	สัปดาห์ที่6 (กก./ แถว)	สัปดาห์ที่8 (กก./ แถว)
1	1.500	1.400	4.035	2.850	4.795
2	1.500	1.830	4.310	2.905	4.605
3	1.500	1.680	4.345	2.700	5.130
4	1.500	1.900	3.125	2.705	5.620
5	1.500	1.935	3.355	3.105	3.830
6	1.500	1.910	2.925	2.825	3.090
7	1.500	1.685	3.225	3.405	4.465
8	1.500	1.845	2.665	2.970	3.680
9	1.500	2.150	3.075	3.645	6.010
10	1.500	2.395	4.135	4.335	3.535
น้าหนักรวม	15.00	18.73	34.20	31.47	44.76
เฉลี่ย / ม ²	0.5	0.62	1.14	1.05	1.49
อัตราการเจริญ(%)	0	11.10	20.60	12.35	13.67

ตารางที่ 19 น้ำหนักของสารร่ายผสมนางของแถวที่ 4 ซึ่งวัดทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

แผงที่	หน.เริ่มต้น (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่2 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่4 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่6 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่8 (กก./ แผง)
1	1.500	2.985	5.875	6.575	7.265
2	1.500	3.105	4.185	4.933	5.650
3	1.500	3.010	4.965	4.330	5.160
4	1.500	3.175	5.990	4.650	6.410
5	1.500	2.980	5.780	4.665	6.370
6	1.500	3.010	5.840	5.225	7.010
7	1.500	2.775	6.235	5.885	7.510
8	1.500	3.145	5.895	6.125	7.065
9	1.500	3.080	6.320	6.555	7.065
10	1.500	2.760	6.180	6.985	7.045
น้ำหนักรวม	15.00	30.03	57.86	55.93	66.55
เฉลี่ย / ม ²	0.5	1.00	1.93	1.86	2.22
อัตราการเจริญ(%)	0	34.70	33.75	21.93	18.62

ตารางที่ 20 น้าหนักของสาหร่ายพมนางของแถวที่ 5 ซึ่งวัดทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

แผนงที่	นน.รรมต่น (กก./ แผนง)	สัปดาห์ที่2 (กก./ แผนง)	สัปดาห์ที่4 (กก./ แผนง)	สัปดาห์ที่6 (กก./ แผนง)	สัปดาห์ที่8 (กก./ แผนง)
1	1.500	1.745	4.900	4.395	6.525
2	1.500	2.055	3.940	4.240	6.770
3	1.500	2.055	4.525	4.010	5.660
4	1.500	1.920	3.925	4.220	5.310
5	1.500	1.910	3.720	4.095	6.520
6	1.500	1.890	3.850	3.980	6.540
7	1.500	2.015	3.805	3.400	6.660
8	1.500	1.815	3.340	3.580	6.960
9	1.500	2.030	3.320	3.870	5.340
10	1.500	1.565	3.230	3.740	5.800
น้าหนักรวม	15.00	19.00	38.56	39.53	62.09
เฉลี่ย /ม ²	0.5	0.63	1.29	1.32	2.07
อัตราการเจริญ(%)	0	11.81	23.60	16.15	17.76

ตารางที่ 21 น้ำหนักของสารรายผมนางของแถวที่ 6 ซึ่งวัดทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

แผงที่	นน.เริ่มต้น (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่2 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่4 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่6 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่8 (กก./ แผง)
1	1.500	2.665	5.715	5.590	6.785
2	1.500	2.680	4.985	5.110	6.540
3	1.500	2.540	4.930	4.540	5.945
4	1.500	2.520	4.135	4.515	5.550
5	1.500	2.445	4.060	4.150	5.255
6	1.500	2.385	3.840	3.950	4.930
7	1.500	2.235	3.310	3.755	5.875
8	1.500	2.125	3.475	3.700	4.815
9	1.500	2.270	4.070	4.705	5.340
10	1.500	2.460	4.600	5.060	5.790
น้ำหนักรวม	15.00	24.33	43.12	45.08	56.83
เฉลี่ย / ม ²	0.5	0.81	1.44	1.50	1.89
อัตราการเจริญ(%)	0	24.17	26.39	18.33	16.65

ตารางที่ 22 น้ำหนักของสารรายผสมนางของแถวที่ 7 ซึ่งวัดทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

แผงที่	นน.เริ่มต้น (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่2 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่4 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่6 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่8 (กก./ แผง)
1	1.500	3.130	6.285	4.470	7.205
2	1.500	2.775	4.695	3.300	4.370
3	1.500	2.455	4.020	2.720	5.465
4	1.500	2.665	3.585	2.410	4.560
5	1.500	2.505	4.060	2.880	3.575
6	1.500	2.495	3.790	2.715	3.925
7	1.500	2.465	3.815	2.705	4.245
8	1.500	2.550	4.235	3.065	3.525
9	1.500	2.690	3.900	3.530	4.190
10	1.500	2.175	3.995	3.570	3.800
น้ำหนักรวม	15.00	25.91	42.38	31.87	44.68
เฉลี่ย / ม ²	0.5	0.86	1.41	1.06	1.49
อัตราการเจริญ(%)	0	27.32	25.97	12.56	13.64

ตารางที่ 23 น้ำหนักของสารรายแผนางของแถวที่ 8 ซึ่งวัดทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

แผงที่	นน.เริ่มต้น (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่2 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่4 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่6 (กก./ แผง)	สัปดาห์ที่8 (กก./ แผง)
1	1.500	2.640	4.415	6.380	7.275
2	1.500	2.485	4.585	5.260	6.865
3	1.500	2.465	4.590	4.960	6.210
4	1.500	2.405	4.080	4.350	5.905
5	1.500	2.260	3.305	3.650	5.200
6	1.500	2.390	3.335	3.795	5.440
7	1.500	2.450	3.815	4.400	5.695
8	1.500	2.380	3.370	4.325	6.040
9	1.500	2.720	3.445	4.100	6.265
10	1.500	2.705	3.810	4.535	7.065
น้ำหนักรวม	15.00	24.90	38.75	45.76	61.96
เฉลี่ย / ม ²	0.5	0.83	1.29	1.53	2.07
อัตราการ เจริญ(%)	0	25.34	23.73	18.59	17.73

ตารางที่ 24 น้ำหนักรวมของสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* ในแต่ละแถว ซึ่งวัดทุก 2 สัปดาห์

(หน่วย : กิโลกรัม)

แถวที่	สัปดาห์ที่0	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่8
1	15.00	15.00	21.13	29.72	42.12
2	15.00	28.93	61.95	52.07	52.00
3	15.00	18.73	34.20	31.47	44.76
4	15.00	30.03	57.86	55.93	66.55
5	15.00	19.00	38.56	39.53	62.09
6	15.00	24.37	43.12	45.08	56.83
7	15.00	25.91	42.38	31.87	44.68
8	15.00	24.90	38.79	45.76	61.96
น้ำหนัก รวม	120.00	186.82	337.94	331.41	430.99

ตารางที่ 25 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพมนาง *Gracilaria fisheri* ในแต่ละแถว
ซึ่งวัดทุกๆ 2 สัปดาห์

(หน่วย : %)

แถวที่	สัปดาห์ที่0	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่8
1	0.00	0.00	8.56	11.39	12.90
2	0.00	32.84	35.46	20.74	15.54
3	0.00	11.10	20.60	12.35	13.67
4	0.00	34.70	33.75	21.93	18.62
5	0.00	11.81	23.60	16.15	17.76
6	0.00	24.17	26.39	18.83	16.65
7	0.00	27.32	25.97	12.56	13.64
8	0.00	25.34	23.73	18.59	17.73
เฉลี่ย	0.00	20.91	24.76	16.57	15.81



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ

นางสาวอังกริยา แก้วมศรี

วัน เดือน ปีเกิด

26 ธันวาคม 2517

สถานที่เกิด

จังหวัดชลบุรี

ประวัติการศึกษา

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า ชนบุรี

พ.ศ. 2535-2538 วิทยาศาสตรบัณฑิต

(สาขา จุลชีววิทยา)

มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ.2539-2543

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยี

การบริหารสิ่งแวดล้อม)

