ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248558

ประสิทธิภาพของระบบกรองแบบแบ่งส่วนในการผนึกอุดสารหล่อเย็นและอนุภาคสารแขวนลอยเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

นางสาวปภัสร์ ชูติวิสุทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b00253443

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248558

ประสิทธิภาพของระบบกรองแบบแบ่งส่วนในการแยกจุลสาหร่ายและอนุภาคสารแขวนลอยเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

นางสาวปกฉัตร ชูติวิศุทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4970826521

EFFICIENCY OF CROSS-FLOW FILTRATION IN THE SEPARATION OF MICROALGAE AND PARTICULATE MATTERS FROM AQUACULTURE SYSTEM

Miss Pokchat Chutivisut

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพของระบบกรองแบบแบ่งส่วนในการแยกจุลสาหร่ายและอนุภาคสารแขวนลอยเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
โดย	นางสาวปกฉัตร ชูติวิศุทธิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร. สรวิศ เผ่าทองศุข

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธา ขาวเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร. สรวิศ เผ่าทองศุข)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พิสุทธิ์ เพียรมนกุล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. มณฑล แก่นมณี)

ปกฉัตร ชูติวิศุทธิ์ : ประสิทธิภาพของระบบกรองแบบแบ่งส่วนในการแยกจุลสาหร่ายและอนุภาคสารแขวนลอยเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. (EFFICIENCY OF CROSS-FLOW FILTRATION IN THE SEPARATION OF MICROALGAE AND PARTICULATE MATTERS FROM AQUACULTURE SYSTEM) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ดร. สรวิศ เผ่าทองศุข, 187 หน้า.

248558

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยใช้จุลสาหร่ายที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเป็นตัวบำบัดสารประกอบไนโตรเจนร่วมกับการแยกจุลสาหร่ายส่วนเกินและอนุภาคสารแขวนลอยอื่นๆ ออกไปจากระบบโดยใช้วิธีการกรองแบบแบ่งส่วน ซึ่งการหาสภาวะในการกรองจุลสาหร่ายที่เหมาะสมของระบบกรองแบบแบ่งส่วนนี้ได้ใช้ไดอะตอม *Chaetoceros gracilis* เป็นตัวแทนเนื่องจากเป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็ก (ขนาด 6 ไมครอน) และไม่สามารถแยกออกด้วยวิธีการกรองทั่วไป โดยจากผลการทดลองพบว่าระบบกรองแบบแบ่งส่วนสามารถแยกไดอะตอมออกได้แม้ว่าขนาดของเซลล์จะเล็กกว่ารูพรุนของไส้กรอง และพบว่าสภาวะในการกรองที่ดีที่สุดคือการใช้สัดส่วนระหว่างน้ำกรองต่อน้ำเวียนเริ่มต้นที่ 50:50 นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ความเร็วน้ำเข้าเท่ากับ 0.0007 เมตร/วินาที จะทำให้ค่าฟลักซ์ในการกรองมีความคงที่ได้ยาวนานกว่าการใช้ความเร็วน้ำที่ 0.0016 เมตร/วินาที

ในส่วนของการนำระบบกรองแบบแบ่งส่วนมาใช้กรองจุลสาหร่ายและอนุภาคสารแขวนลอยออกจากถังเลี้ยงกุ้งขาวและถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบไร้ดินกลางแจ้ง พบว่าเครื่องกรองสามารถแยกคลอโรฟิลล์เอและของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยประสิทธิภาพในการแยกอนุภาคสารแขวนลอยสูงสุดที่พบในถังเลี้ยงกุ้งขาวมีค่าเท่ากับ 61.6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าสูงสุดเท่ากับ 76.6 เปอร์เซ็นต์จากปริมาณตั้งต้น ในส่วนของสัดส่วนน้ำกรองต่อน้ำเวียนที่เหมาะสมพบว่าในถังเลี้ยงกุ้งขาวสามารถใช้สัดส่วนน้ำกรองได้สูงสุดเท่ากับ 45:55 และ 25:75 เมื่อใช้ความเร็วน้ำเข้าที่ 0.0007 และ 0.0016 เมตร/วินาที ตามลำดับ สำหรับถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำสามารถใช้สัดส่วนน้ำกรองต่อน้ำเวียนได้เท่ากับ 40:60 และ 30:70 เมื่อใช้ความเร็วน้ำเข้าที่ 0.0007 และ 0.0016 เมตร/วินาที ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าไนไทรต์และไนเทรตในน้ำยังคงมีอยู่ในความเข้มข้นสูง และจำเป็นต้องมีการบำบัดด้วยวิธีการอื่นๆ ต่อไปก่อนจะทำการปล่อยน้ำทิ้งหรือหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในระบบ

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....ลายมือชื่อนิสิต.....ปกฉัตร ชูติวิศุทธิ์.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา.....2552.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

4970826521 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEYWORDS : CROSS-FLOW FILTRATION / MICROALGAE / PARTICULATE MATTERS / NITROGEN COMPOUNDS / SHRIMP POND

POKCHAT CHUTIVISUT : EFFICIENCY OF CROSS-FLOW FILTRATION IN THE SEPARATION OF MICROALGAE AND PARTICULATE MATTERS FROM AQUACULTURE SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WIBOONLUK PUNGRASMI, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : SORAWIT POWTONGSOOK, Ph.D., 187 pp.

248558

This study involved the water quality control in aquaculture system using natural microalgae to remove nitrogen compounds, coupling with the separation of excess microalgal cells and particulate matters by cross-flow filtration process. Optimization experiments for cross-flow filtration were performed using the diatom *Chaetoceros gracilis* due to its small cell size (6 microns) and could not be removed by simple filtration. It was found that cross-flow filtration could remove diatom cells even its cell size was smaller than pore size of the filter. The best operating condition for *C. gracilis* removal was at filtrate to concentrate ratio of 50:50. It should also be noted that cross-flow velocity of 0.0007 m/s could maintain high filtrate flux than that of the high velocity of 0.0016 m/s. When applying cross-flow filtration system to White shrimp (*Litopenaeus vannamei)* tank and Black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) tank, the removal of natural microalgal cells and particulate matters was found to be effective, with 61.6 and 76.6 percent removal in White shrimp and Black tiger shrimp tanks, respectively. The highest value of filtrate to concentrate ratios obtained from White shrimp trials were 45:55 and 25:75 for water velocities at 0.0007 and 0.0016 m/s respectively, while for Black Tiger shrimp tank they were 40:60 and 30:70 for water velocities at 0.0007 and 0.0016 m/s respectively. Nevertheless, accumulations of nitrite and nitrate in all tanks were found, hence further treatment was necessary before water recirculating or discharging from the system.

Department : .....Environmental Engineering...	Student's Signature Pokchat C.
Field of Study : ..Environmental Engineering...	Advisor's Signature Wiboonluk P.
Academic Year : .....2009.....	Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สรวิศ เผ่าทองสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ชี้แนะให้ความรู้ คำแนะนำ และคำปรึกษา ตลอดจนได้ให้ความช่วยเหลือในแต่ละขั้นตอนของการทำงานวิจัย รวมทั้งตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร. พิสุทธิ์ เพียรมนกุล และ ดร. มณฑล แก่นมณี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจทานวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านสถานที่สำหรับทำการวิจัย ตลอดจนให้ความกรุณาสำหรับเครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี รวมทั้งคำแนะนำในการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กรุณามอบความรู้อันเป็นประโยชน์ คำแนะนำ และความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการศึกษา ณ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการทำวิจัยจากมูลนิธิกระจกอาซาฮี ประจำปี 2551 และทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านเงินทุนสำหรับการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่มะลิวัลย์ พี่ปวีณา และพี่เสรี ที่ได้ให้คำแนะนำในเรื่องเทคนิคการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ การจัดหาหัวเชื้อจุลสาหร่าย และเทคนิคการเพาะเลี้ยง ตลอดจนการใช้เครื่องมือต่างๆ และขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ ที่ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทุกคน ที่ได้ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ จากภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำหรับมิตรภาพ กำลังใจ ตลอดจนความช่วยเหลือทั้งในด้านการเรียนและในด้านการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่มอบความรัก กำลังใจ และสนับสนุนข้าพเจ้าในทุกๆ ด้าน ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 ระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ..... 5

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ..... 6

2.3 ไนโตรเจนในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ..... 11

2.4 จุลสาหร่าย..... 19

2.5 จุลสาหร่ายในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ..... 23

2.6 อนุภาคของแข็งแขวนลอยในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ..... 33

2.7 กระบวนการเยื่อกรอง..... 35

2.8 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 45

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง..... 50

3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี..... 50

3.2 การดำเนินการทดลอง..... 52

การทดลองช่วงที่ 1 การศึกษาการบำบัดสารประกอบไนโตรเจนโดยจุลสาหร่ายที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ..... 52

การทดลองช่วงที่ 2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกรองจุลสาหร่ายของระบบกรองแบบแบ่งส่วน..... 55

หน้า

การทดลองช่วงที่ 3 การประยุกต์ใช้ระบบกรองแบบแบ่งส่วนร่วมกับถังเลี้ยงกุ้งไร้ดินระบบปิด..... 61

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 70

4.1 การบำบัดสารประกอบไนโตรเจนโดยจุลสาหร่ายที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ..... 70

4.2 การศึกษาระบบกรองแบบแบ่งส่วนเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกรองจุลสาหร่าย..... 76

4.3 การประยุกต์ใช้ระบบกรองแบบแบ่งส่วนร่วมกับถังเลี้ยงกุ้งระบบปิด..... 90

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 136

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 136

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 137

รายการอ้างอิง..... 139

ภาคผนวก..... 146

ภาคผนวก ก..... 147

ภาคผนวก ข..... 153

ภาคผนวก ค..... 156

ภาคผนวก ง..... 163

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 187

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชกับสภาวะของสัตว์น้ำ.....	6
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนละลายและผลกระทบต่อสัตว์น้ำ.....	10
2.3	รงควัตถุชนิดต่างๆ และชนิดของสาหร่ายที่พบ.....	20
2.4	สารที่ถูกใช้และที่เกิดขึ้นในการเจริญเติบโตของจุลสาหร่ายตามสมการสตอยชิโอเมทริก.....	27
2.5	ปริมาณการตรึงคาร์บอนและการกำจัดแอมโมเนียในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประเภทต่างๆ.....	28
2.6	อัตราการกักเก็บและอัตราการปล่อยสารอาหารของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ โดยคิดจากเปอร์เซ็นต์ของสารอาหารที่มีอยู่ในอาหารของสัตว์น้ำ.....	34
2.7	ลักษณะของเยื่อกรองและกลไกในการแยกของเยื่อกรอง.....	36
2.8	การเปรียบเทียบการกรองโดยตรงและการกรองแบบแบ่งส่วน.....	39
2.9	ข้อดีและข้อเสียของระบบกรองไมโครฟิลเตรชัน.....	43
3.1	ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทดลองช่วงที่ 1.....	54
3.2	ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทดลองช่วงที่ 2.....	57
3.3	ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทดลองช่วงที่ 3.....	63
3.4	พารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำ ความถี่ และวิธีการวิเคราะห์สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงกุ้ง.....	69
4.1	การกรองไดอะตอม *C. gracilis* ด้วยเครื่องกรองแบบแบ่งส่วน เมื่อใช้ความเร็วน้ำเข้าเครื่องกรองเท่ากับ 0.0007 เมตร/วินาที.....	80
4.2	การกรองไดอะตอม *C. gracilis* ด้วยเครื่องกรองแบบแบ่งส่วน เมื่อใช้ความเร็วน้ำเข้าเครื่องกรองเท่ากับ 0.0016 เมตร/วินาที.....	86
4.3	การกรองจุลสาหร่ายและอนุภาคสารแขวนลอยออกจากถังเลี้ยงกุ้งขาวด้วยระบบกรองแบบแบ่งส่วนช่วงที่ 1.....	92
4.4	การกรองจุลสาหร่ายและอนุภาคสารแขวนลอยออกจากถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยระบบกรองแบบแบ่งส่วนช่วงที่ 1.....	94
4.5	ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่แยกได้จากการกรองน้ำในถังเลี้ยงกุ้งช่วงที่ 1.....	98

4.6	ผลการทดลองกรองจุลสาหร่ายและอนุภาคสารแขวนลอยออกจากถังเลี้ยงกุ้งขาวด้วยระบบกรองแบบแบ่งส่วนช่วงที่ 2.....	99
4.7	ผลการทดลองกรองจุลสาหร่ายและอนุภาคสารแขวนลอยออกจากถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยระบบกรองแบบแบ่งส่วนช่วงที่ 2.....	100
4.8	ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่แยกได้จากการกรองถังเลี้ยงกุ้งขาวช่วงที่ 2.....	105
4.9	ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่แยกได้จากการกรองถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำช่วงที่ 2.....	106
4.10	พารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงกุ้งที่ได้ทำการทดลองต่อเนื่องเป็นเวลา 102 วัน.....	119
4.11	การเลี้ยงกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำในถังเพาะเลี้ยงที่มีการกรองและไม่มีการกรองตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง 102 วัน.....	130
4.12	การประเมินสมดุลไนโตรเจนในถังเพาะเลี้ยง 5 ชุด ตลอดการเพาะเลี้ยงกุ้งเป็นระยะเวลา 102 วัน.....	135
ข-1	การเปลี่ยนแปลงปริมาณรงควัตถุในถังเพาะเลี้ยงจุลสาหร่ายจากผลการทดลองที่ 4.1.....	153
ข-2	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนในถังเพาะเลี้ยงจุลสาหร่าย จากผลการทดลองที่ 4.1.....	154
ข-3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเพาะเลี้ยงจุลสาหร่ายจากผลการทดลองที่ 4.1.....	155
ค-1	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุในถังเพาะเลี้ยงไดอะตอม *C. gracilis* ครั้งที่ 1.....	156
ค-2	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนในถังเพาะเลี้ยงไดอะตอม *C. gracilis* ครั้งที่ 1.....	156
ค-3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเพาะเลี้ยงไดอะตอม *C. gracilis* ครั้งที่ 1.....	157
ค-4	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุในถังเพาะเลี้ยงไดอะตอม *C. gracilis* ครั้งที่ 2.....	157
ค-5	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนในถังเพาะเลี้ยงไดอะตอม *C. gracilis* ครั้งที่ 2.....	157
ค-6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเพาะเลี้ยงไดอะตอม *C. gracilis* ครั้งที่ 2.....	158

ค-7 การกรองที่สัดส่วนระหว่างน้ำกรองต่อน้ำเวียนเท่ากับ 25:75 และความเร็วน้ำเข้าเท่ากับ 0.0007 เมตร/วินาที..... 158
ค-8 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอที่ตรวจวัดได้และประสิทธิภาพการกรอง เมื่อใช้สัดส่วนระหว่างน้ำกรองต่อน้ำเวียนเท่ากับ 25:75 และความเร็วน้ำเข้าเท่ากับ 0.0007 เมตร/วินาที..... 159
ค-9 การกรองที่สัดส่วนระหว่างน้ำกรองต่อน้ำเวียนเท่ากับ 50:50 และความเร็วน้ำเข้าเท่ากับ 0.0007 เมตร/วินาที..... 159
ค-10 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอที่ตรวจวัดได้และประสิทธิภาพการกรอง เมื่อใช้สัดส่วนระหว่างน้ำกรองต่อน้ำเวียนเท่ากับ 50:50 และความเร็วน้ำเข้าเท่ากับ 0.0007 เมตร/วินาที..... 160
ค-11 การกรองที่สัดส่วนระหว่างน้ำกรองต่อน้ำเวียนเท่ากับ 75:25 และความเร็วน้ำเข้าเท่ากับ 0.0007 เมตร/วินาที..... 160
ค-12 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอที่ตรวจวัดได้และประสิทธิภาพการกรอง เมื่อใช้สัดส่วนระหว่างน้ำกรองต่อน้ำเวียนเท่ากับ 75:25 และความเร็วน้ำเข้าเท่ากับ 0.0007 เมตร/วินาที..... 161
ค-13 การกรองที่สัดส่วนระหว่างน้ำกรองต่อน้ำเวียนเท่ากับ 25:75 และความเร็วน้ำเข้าเท่ากับ 0.0016 เมตร/วินาที..... 161
ค-14 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอที่ตรวจวัดได้และประสิทธิภาพการกรอง เมื่อใช้สัดส่วนระหว่างน้ำกรองต่อน้ำเวียนเท่ากับ 25:75 และความเร็วน้ำเข้าเท่ากับ 0.0007 เมตร/วินาที..... 162
ง-1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนในถังควบคุม..... 163
ง-2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนในถังเลี้ยงกุ้งขาวที่ทำการกรอง..... 165
ง-3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนในถังเลี้ยงกุ้งขาวที่ไม่ทำการกรอง..... 167
ง-4 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ทำการกรอง..... 169
ง-5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ไม่ทำการกรอง..... 171
ง-6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุในถังควบคุม..... 173
ง-7 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุในถังเลี้ยงกุ้งขาวที่ทำการกรอง..... 174

ง-8	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุในถังเลี้ยงกุ้งขาวที่ไม่ทำการกรอง.....	175
ง-9	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ทำการกรอง.....	176
ง-10	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ไม่ทำการกรอง.....	177
ง-11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังควบคุม.....	178
ง-12	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเลี้ยงกุ้งขาวที่ทำการกรอง.....	179
ง-13	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเลี้ยงกุ้งขาวที่ไม่ทำการกรอง.....	180
ง-14	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ทำการกรอง.....	181
ง-15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ไม่ทำการกรอง.....	182
ง-16	น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของกุ้งขาวในถังที่ทำการกรอง.....	183
ง-17	น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของกุ้งขาวในถังที่ไม่ทำการกรอง.....	184
ง-18	น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำในถังที่ทำการกรอง.....	185
ง-19	น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำในถังที่ไม่ทำการกรอง.....	186

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	วัฏจักรไนโตรเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	12
2.2	หลักการของการแยกด้วยเยื่อกรอง.....	36
2.3	ลักษณะการไหลของของเหลวในการกรองโดยตรง.....	38
2.4	ลักษณะการไหลของของเหลวในการกรองแบบแบ่งส่วน.....	39
2.5	ลักษณะของเครื่องกรองไมโครฟิลเตรชันที่มีโมดูลแบบไส้กรอง.....	44
3.1	แผนผังสรุปการทดลองช่วงที่ 1.....	53
3.2	แผนผังสรุปการทดลองช่วงที่ 2.....	56
3.3	ลักษณะของไส้กรองแบบจีบที่ใช้ในการทดลอง.....	58
3.4	ลักษณะและหลักการทำงานของเครื่องกรองแบบแบ่งส่วนที่ใช้ในการทดลอง.....	59
3.5	แผนภาพแสดงการเชื่อมต่อระบบกรองแบบแบ่งส่วนกับถังเพาะเลี้ยงจุลสาหร่าย.....	60
3.6	แผนผังสรุปการทดลองในช่วงที่ 3.....	62
3.7	รูปถ่ายกุ้งอายุประมาณ 3 เดือนที่ใช้ในการทดลอง.....	64
3.8	รูปถ่ายของระบบกรองแบบแบ่งส่วนที่นำมาใช้ในการทดลองและแผนภาพของการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องกรองแบบแบ่งส่วน ถังพัก และบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง.....	66
3.9	การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งในบ่อเพาะเลี้ยงโดยการวัดความยาวและชั่งน้ำหนัก.....	68
4.1	จุลสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียวรูปทรงกลมที่เติบโตขึ้นในถังเพาะเลี้ยง เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 และ 40 เท่า ตามลำดับ.....	71
4.2	การวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุที่พบในถังเพาะเลี้ยงจุลสาหร่ายซึ่งใช้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง 20 วัน	72
4.3	การเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในถังเพาะเลี้ยงจุลสาหร่ายซึ่งใช้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง 20 วัน	74
4.4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเพาะเลี้ยงจุลสาหร่ายซึ่งใช้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง 20 วัน.....	76
4.5	การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยง *C. gracilis*....	78

4.6 ภาพถ่ายแสดงลักษณะและสีของน้ำจากถังเพาะเลี้ยง *C. gracilis*..... 79

4.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำกรองที่เปลี่ยนแปลงเมื่อทำการทดลองกรองแบบแบ่งส่วนที่ความเร็วน้ำ 0.0007 เมตร/วินาที เป็นระยะเวลา 60 นาที..... 82

4.8 เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าฟลักซ์เมื่อทำการทดลองกรองแบบแบ่งส่วนที่ความเร็วน้ำ 0.0007 เมตร/วินาที เป็นระยะเวลา 60 นาที..... 83

4.9 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกรองเมื่อทำการทดลองกรองแบบแบ่งส่วนที่ความเร็วน้ำ 0.0007 เมตร/วินาที เป็นระยะเวลา 60 นาที..... 84

4.10 เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าฟลักซ์เมื่อทำการทดลองกรองแบบแบ่งส่วนที่ความเร็วน้ำ 0.0016 เมตร/วินาที เป็นระยะเวลา 120 นาที..... 87

4.11 การเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพการกรองเมื่อทำการทดลองกรองแบบแบ่งส่วนที่ความเร็วน้ำ 0.0016 เมตร/วินาที เป็นระยะเวลา 120 นาที..... 88

4.12 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าฟลักซ์เมื่อทำการทดลองกรองแบบแบ่งส่วนที่ความเร็วน้ำ 0.0007 และ 0.0016 เมตร/วินาที เป็นระยะเวลา 60 นาที..... 89

4.13 อนุภาคสารแขวนลอยจากถังเลี้ยงกุ้งขาวและจากถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำ..... 94

4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าฟลักซ์จากการกรองน้ำในถังเลี้ยงกุ้งขาวในวันที่ 16 19 และ 41 ของการเลี้ยงกุ้ง..... 96

4.15 การเปลี่ยนแปลงค่าฟลักซ์จากการกรองน้ำในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำในวันที่ 23 42และ 43 ของการเลี้ยงกุ้ง..... 97

4.16 รูปถ่ายเปรียบเทียบระหว่างน้ำกรองและน้ำที่มีอนุภาคสารแขวนลอยเข้มข้นจากการกรองถังเลี้ยงกุ้งขาวและถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำ..... 101

4.17 รูปถ่ายการสะสมตัวของอนุภาคสารแขวนลอยบนพื้นผิวไส้กรองในการกรองถังเลี้ยงกุ้งขาวและถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำ..... 102

4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าฟลักซ์จากการกรองน้ำในถังเลี้ยงกุ้งขาวในวันที่ 74 81 และ 92 ของการเลี้ยงกุ้ง..... 103

4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าฟลักซ์จากการกรองน้ำในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำในวันที่ 75 82 และ 93 ของการเลี้ยงกุ้ง..... 104

4.20 ภาพถ่ายจุลสาหร่ายกลุ่มไดอะตอมที่พบในถังลี้ยงกุ้งขาวและฟล็อกที่พบในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำในช่วงระยะแรกของการเลี้ยง กุ้ง เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า..... 107

4.21 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุในถังควบคุม ตลอดระยะเวลาเพาะเลี้ยง 102 วัน..... 109

4.22 รูปถ่ายจุลสาหร่ายที่พบในถังเพาะเลี้ยงในช่วงเดือนสุดท้ายของการทดลอง เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 10 เท่า..... 111

4.23 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุในถังเลี้ยงกุ้งขาวที่มีการกรองและถังเลี้ยงกุ้งขาวที่ไม่มีการกรอง ตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง 102 วัน..... 112

4.24 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการกรองและถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ไม่มีการกรอง ตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง 102 วัน..... 113

4.25 รูปถ่ายเปรียบเทียบน้ำจากถังเพาะเลี้ยงที่มีการกรองและถังเพาะเลี้ยงที่ไม่มีการกรอง และการวัดปริมาตรตะกอนจากถังเลี้ยงกุ้ง..... 115

4.26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังควบคุม ตลอดระยะเวลาเพาะเลี้ยง 102 วัน..... 116

4.27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเลี้ยงกุ้งขาวที่มีการกรองและถังเลี้ยงกุ้งขาวที่ไม่มีการกรอง ตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง 102 วัน..... 117

4.28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการกรองและถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ไม่มีการกรอง ตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง 102 วัน..... 118

4.29 ความเข้มแสงเฉลี่ยที่ทำการตรวจวัดในช่วงกลางวันระหว่างการทดลองเลี้ยงกุ้ง..... 121

4.30 การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในถังควบคุม ตลอดการเพาะเลี้ยง 102 วัน..... 122

4.31 การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในถังเลี้ยงกุ้งขาวที่มีการกรองและถังเลี้ยงกุ้งขาวที่ไม่มีการกรอง ตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง 102 วัน..... 123

4.32 การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการกรองและถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ไม่มีการกรอง ตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง 102 วัน..... 124

4.33 น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยของกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำในถังที่มีการกรองและไม่มีการกรอง ซึ่งได้ทำการตรวจวัดในวันที่ 0 29 71 และ 102 ของการเพาะเลี้ยง..... 132

ก-1 กราฟมาตรฐานสำหรับแอมโมเนีย..... 148

ก-2 กราฟมาตรฐานสำหรับไนไทรต์..... 149

ก-3 กราฟมาตรฐานสำหรับไนเทรต..... 150