การทดลองใช้จุลินทรีย์สำเร็จรูปในเชิงพาณิชย์เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำ
ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด

นางสาวธนิกา จินตนะพันธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-3365-8
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EXPERIMENTAL USE OF COMMERCIAL MICROBIAL PRODUCTS FOR CONTROLLING WATER QUALITIES IN THE BLACK TIGER SHRIMP CLOSED SYSTEM PONDS

MissThanika Chintanaphan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Biotechnology
Program of Biotechnology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 974-17-3365-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทดลองใช้จุลินทรีย์สำเร็จรูปในเชิงพาณิชย์เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด
โดย	นางสาวธนิกา จินตนะพันธ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธนิกา จินตนะพันธ์ : การทดลองใช้จุลินทรีย์สำเร็จรูปในเชิงพาณิชย์เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด (EXPERIMENTAL USE OF COMMERCIAL MICROBIAL PRODUCTS FOR CONTROLLING WATER QUALITIES IN THE BLACK TIGER SHRIMP CLOSED SYSTEM PONDS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศ.ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ 69 หน้า. ISBN 974-17-3365-8.

ได้ทำการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สำเร็จรูปในเชิงพาณิชย์ชนิดหนึ่งควบคุมคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระยะโพสลาวี 20 (PL20) ในบ่อดินขนาด 1 ไร่ (1 ไร่ เท่ากับ 1,600 ตารางเมตร) 4 บ่อ โดยปล่อยกุ้งอัตราความหนาแน่น 50,000 ตัวต่อไร่ เติมจุลินทรีย์สำเร็จรูป ในน้ำเลี้ยงกุ้งกุลาดำทุกสัปดาห์ใน 2 บ่อแรก เปรียบเทียบกับบ่อควบคุมที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ 2 บ่อ ตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ อัตราการเติบโต ขนาดกุ้งที่จับได้ ปริมาณผลผลิตรวม อัตราการรอด ปริมาณตะกอนพื้นบ่อ และผลกำไรจากการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่า คุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมด และไนไตรท์ตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนปริมาณ ไนเตรท และฟอสเฟต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยในบ่อทดลองมีปริมาณมากกว่าบ่อควบคุม ส่วนปริมาณออกซิเจนละลาย พีเอช และความเค็ม ตลอดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) บ่อที่เติมจุลินทรีย์มีประมาณตะกอนพื้นบ่อน้อยกว่าบ่อควบคุม ในส่วนของอัตราการเติบโต พบว่ามีอัตราการเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่บ่อเติมจุลินทรีย์ มีอัตรารอด ปริมาณผลผลิตรวม และมีขนาดกุ้งที่ตลาดต้องการมากกว่าจึงทำให้มีผลกำไรจากการจำหน่ายกุ้งมากกว่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักสูตร เทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

##4272294323 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD : BLACK TIGER SHRIMP, *Penaeus monodon* Fabricius, WATER QUALITY

THANIKA CHINTANAPHAN : EXPERIMENTAL USE OF COMMERCIAL MICROBIAL PRODUCTS FOR CONTROLLING WATER QUALITIES IN THE BLACK TIGER SHRIMP CLOSED SYSTEM PONDS. THESIS ADVISOR : PROF.PIAMSAK MENASVETA, Ph.D. THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. SIRIRAT RENGPIPAT, Ph.D. 69 pp. ISBN 974-17-3365-8.

A study was conducted to compare the efficacy of different microbial products in controlling the water quality in shrimp culture ponds. Four 1-rai grow-out ponds were stocked with 50,000 twenty days postlarvae. Closed circulating system was designed for this experiment. Commercial mixture bacteria was added to two treatment ponds every week. The other two ponds were used as the control.

Water quality and biological parameters were monitored throughout the 120 days grow-out period. These included ammonium-N, nitrite-N, nitrate-N, orthophosphate, sediment accumulation, growth rate, size of shrimp, shrimp production, survival and the profit after harvest. Ammonium-N and nitrite-N of the treatment and control were not significantly different ($p>0.05$) with in the culture period. Nitrate-N and orthophosphate of the treatment ponds were significantly higher than the control ($p <0.05$) in the third and the fourth month. Dissolved oxygen, pH and water salinity were not significantly different ($p>0.05$) between the treatment and control. The sediment accumulation in the treatment ponds were less than in the control. Growth rate of shrimp of the treatment and control were not significantly different ($p>0.05$), but the treatment group had better marketable size shrimp. Survival and total yield of the treatment group was also higher than the control, leading to the higher profit from the treatment ponds.

Program Biotechnology Student's signature _____

Field of study Biotechnology Advisor's signature _____

Academic year 2002 Co-advisor's signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ โดยรับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ศ.ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และ รศ.ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล และอ.ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ลิลา เรืองแป้น และกรมประมง จังหวัดสมุทรสงคราม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เรื่องสถานที่ในการทดลองเลี้ยงกุ้ง และผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ขอขอบคุณ คุณชาตรี ธาราแสง และเจ้าหน้าที่ศูนย์ประมงทุกท่าน ที่ช่วยเลี้ยงกุ้งได้ประสบความสำเร็จ และสอนเทคนิคต่างๆ ในการเลี้ยงกุ้ง ขอขอบคุณคุณจันทสิงห์ ดวงบ้านเซ่า และคุณชัชวีร์ รักธรรมที่ได้มีส่วนช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ ผศ.ดร. รมณี สงวนดีกุล ผศ.ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ ผศ.สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ และอ.ปริญญา ผ่องผุดพันธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และให้กำลังใจในการเรียนจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะเจ้าหน้าที่ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา น้องสาว และน้องชาย ที่ได้ให้กำลังใจช่วยเหลือ และสนับสนุนตั้งแต่ต้นจนเสร็จสมบูรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญภาพ.....ญ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....1
ขอบเขตของการวิจัย.....2
สมมติฐาน.....2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 ภาพรวมของอุตสาหกรรมกุ้งไทย.....3
2.2 สาเหตุของการมียาและสารเคมีตกค้างในกุ้งกุลาดำ..... 5
2.3 ปัญหาสารปฏิชีวนะกับการเลี้ยงกุ้ง..... 7
2.4 ความสำคัญของจุลินทรีย์..... 12
2.5 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ..... 14
2.5.1 การใช้โพรไบโอติกเสริมอาหารในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ..... 14
2.5.2 บทบาทของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์..... 15
2.6 ปัจจัยที่ควบคุมการแพร่ขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์.....17
2.7 ประโยชน์ในการใช้จุลินทรีย์เสริมการจัดการคุณภาพน้ำ.....18
2.8 การเลือกซื้อจุลินทรีย์..... 19
2.9 คุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ..... 20
2.10 ปัญหาของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ที่ขายตามท้องตลาด..... 28
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา..... 30
3.1 จุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย.....30

สารบัญ (ต่อ)

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย..... 35
3.3 การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ..... 36
3.4 วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ..... 36
3.5 อัตราการเติบโตและอัตรารอดของกุ้งกุลาดำ..... 40
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 40
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล..... 41
4.1 ผลการเลือกจุลินทรีย์สำเร็จรูปที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์..... 41
4.2 ผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ..... 41
4.2.1 คุณภาพน้ำเลี้ยงกุ้งกุลาดำ..... 41
4.2.2 อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอด..... 51
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... 57
รายการอ้างอิง..... 59
ภาคผนวก..... 64
ภาคผนวก ก..... 65
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ข้อมูลอุตสาหกรรมกุ้งแปรรูปของไทยในด้านต่างๆ.....3
2.2 ปฏิกิริยาที่มีผลต่อค่าความเป็นด่างของน้ำ.....22
3.1 ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ที่จำหน่ายในตลาด (สำรวจข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2545)..... 30
3.2 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา เครื่องมือและวิธีการทดลอง.....36
4.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ..... 53
4.2 แสดงการเปรียบเทียบผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระหว่างบ่อที่เติมแบคทีเรียและบ่อควบคุม.... 56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 บทบาทของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายของเสียในบ่อเลี้ยงกุ้ง..... 12
2.2 ปริมาณไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้ง.....
23
2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงกุ้ง.....
26
2.4 แหล่งที่มาของของแข็งและสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นในประเทศไทย.....
27
4.1 กราฟแสดงค่า pH ตลอดระยะเวลาการทดลอง..... 42
4.2 กราฟแสดงความเค็มตลอดระยะเวลาการทดลอง.....43
4.3 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายตลอดระยะเวลาการทดลอง..... 44
4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างรวมของน้ำ.....45
4.5 กราฟแสดงค่าแอมโมเนียตลอดระยะเวลาการทดลอง.....46
4.6 แสดงปริมาณไนไตรท์ตลอดระยะเวลาการทดลอง..... 47
4.7 แสดงปริมาณ ไนเตรทตลอดระยะเวลาการทดลอง..... 48
4.8 กราฟแสดงปริมาณออโธฟอสเฟตตลอดระยะเวลาการทดลอง.....49
4.9 แสดงการเจริญเติบโตโดยวัดน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อเวลา.....51
4.10 แสดงอัตราการเจริญเติบโตโดยวัดน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อเวลา.....51
4.11 แสดงจำนวนกุ้งแยกตามขนาด (ตัว/กิโลกรัม)..... 52
4.12 แสดงจำนวนกุ้งแยกตามขนาด (ตัว/กิโลกรัม) เฉลี่ยบ่อทดลองและบ่อควบคุม.....56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำให้ประสบความสำเร็จนั้น นอกจากพิจารณาจากผลกำไร ผลผลิตต่อไร่ ขนาดและคุณภาพกุ้งที่สมบูรณ์แข็งแรงปลอดโรค ปลอดยาและสารเคมีแล้ว การดูแลจัดการคุณภาพน้ำและตะกอนเลนระหว่างการเลี้ยงที่ดี ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้ประสบความสำเร็จชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องจากน้ำและตะกอนเป็นแหล่งสะสมของเศษอาหาร สิ่งขับถ่าย ซากแพลงก์ตอน ที่เน่าเสียทับถมกัน และเป็นที่รวมของแก๊สที่เป็นพิษสามารถละลายน้ำได้และสะสมในบ่อเพาะเลี้ยง ในการบำบัดอาจใช้วิธีกายภาพ ได้แก่การรวมตะกอนเลนไว้กลางบ่อเลี้ยงด้วยการทำให้น้ำในบ่อมีการหมุนวนด้วยเครื่องให้อากาศ เพื่อการลดพื้นที่ผิวของตะกอนเลน ในการสัมผัสน้ำ หรือใช้วิธีทางเคมีได้แก่การใช้วัสดุปูนในการรวมตะกอน หรือใช้วิธีทางชีวภาพ ซึ่งได้แก่การเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ ที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และช่วยลดแก๊สพิษเหล่านั้น หรือใช้ทั้ง 3 วิธีรวมกันในการจัดการคุณภาพน้ำเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด วิธีการ ทางชีวภาพนี้เป็นที่นิยมกันในปัจจุบัน เนื่องจากการรณรงค์ลดการใช้สารปฏิชีวนะและสารเคมี จึงทำให้ผู้ประกอบการหันมาจำหน่ายผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สำเร็จรูปมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่าย มีทั้งนำเข้าจากต่างประเทศและผลิตในประเทศ โดยที่ยังไม่มีหน่วยงานที่รับผิดชอบตรวจสอบประสิทธิภาพและความปลอดภัยของจุลินทรีย์ดังกล่าวโดยตรง การใช้จุลินทรีย์ที่ไม่ได้ผ่าน การทดสอบความปลอดภัยและประสิทธิภาพอาจทำให้ระบบนิเวศในบ่อเลี้ยงกุ้งเปลี่ยนแปลงไป อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบชีวนิเวศน์ หรือในกรณีที่มีการจำหน่ายจุลินทรีย์ชนิดด้อยประสิทธิภาพก็จะเป็นการสิ้นเปลืองเงินทุนของเกษตรกรได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ และปริมาณตะกอนที่ตกค้างอยู่บริเวณพื้นบ่อเมื่อเพิ่มจุลินทรีย์สำเร็จรูปควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

1.2.2 ศึกษาอัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยการเพิ่มจุลินทรีย์สำเร็จรูปเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในตลาดเพื่อจัดการคุณภาพน้ำเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระดับบ่อดิน ที่ปราศจากโรคกุ้ง โดยใช้ระยะเวลาการเลี้ยงประมาณ 120 วัน ศึกษาคุณภาพน้ำ ปริมาณตะกอนที่เหลือบนพื้นบ่อ อัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโต และกำไรจากการจำหน่ายกุ้งกุลาดำ เปรียบเทียบกับบ่อควบคุมซึ่งไม่ได้ใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สำเร็จรูป โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ

สมมติฐาน

1.4.1 คุณภาพน้ำ และปริมาณตะกอนที่ตกค้างในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เติม และไม่เติมจุลินทรีย์สำเร็จรูปควบคุมคุณภาพน้ำมีความแตกต่างกัน

1.4.2 อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำในบ่อเลี้ยงที่เติม และไม่เติมจุลินทรีย์สำเร็จรูปควบคุมคุณภาพน้ำมีความแตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ และปริมาณตะกอนดินที่ตกค้างอยู่บริเวณพื้นบ่อเมื่อเติมจุลินทรีย์สำเร็จรูปในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

1.5.2 ทราบอัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งกุลาดำเมื่อเติมจุลินทรีย์สำเร็จรูปในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

1.5.3 แนวทางในการตั้งมาตรฐานผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาพรวมของอุตสาหกรรมกุ้งไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกกุ้งกุลาดำเป็นอันดับ1 ของโลก เนื่องจากสภาพ ภูมิประเทศและอากาศที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ แสดงภาพรวมอุตสาหกรรมกุ้งไทยดังตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลอุตสาหกรรมกุ้งแปรรูปของไทยในด้านต่างๆ

ประเภทข้อมูล	ไทย
เทคโนโลยีการผลิต	- แช่เยือกแข็งโดยใช้เครื่อง Air Blast Freezer, Plate Freezer และ Cryogenic Freezer ขึ้นอยู่กับประเภทและเกรดสินค้า - ใช้สารคาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจนเป็นสารทำความเย็น [1] - เครื่องจักรส่วนใหญ่นำเข้าจากญี่ปุ่น เยอรมนี [1]
ประสิทธิภาพในการผลิต	- อัตราสูญเสียเฉลี่ยร้อยละ 30 - 50 [1, 4, 6] - อัตราสินค้าผลิตเสร็จเฉลี่ยร้อยละ 50 - 70 [1, 5, 6]
วัตถุดิบ	- กุ้งกุลาดำเลี้ยง ยกเว้นกุ้งกระป๋องที่ผลิตจากกุ้งทรายและกุ้งแหลกที่จับจากทะเล [1] - การซื้อกุ้งใช้วิธีประมูลในตลาดกลาง [1] - มีการนำเข้ากุ้งกุลาดำจาก เวียดนาม กัมพูชา อินโดนีเซีย บังคลาเทศ และอินเดีย เพราะมีราคาถูกกว่ากุ้งของไทย [1]
แรงงาน	- มีจำนวนแรงงานในสายการผลิตเฉลี่ยมากกว่า 500 คนต่อโรงงาน โรงงานขนาดใหญ่มีจำนวนคนงานถึง 1,000 – 5,000 คนในสายการผลิต [1]
ต้นทุนการผลิต	- ต้นทุนวัตถุดิบเฉลี่ยร้อยละ 90 [1] - ต้นทุนแรงงานและต้นทุนอื่นๆ (น้ำ ไฟ ค่าการจัดการ) เฉลี่ยร้อยละ 10 [1]
คุณภาพและมาตรฐานสินค้า	- กุ้งเป็นสินค้าที่มีการตรวจสอบคุณภาพด้านเคมีและจุลชีววิทยาอย่างเข้มงวด ส่วนคุณภาพด้านกายภาพเป็นสิ่งสำคัญรองลงมา เพราะโดยทั่วไปกุ้งกุลาดำมีลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติที่เหมือนกันทั่วโลก [1] - ปัจจุบันสินค้าส่งออกของไทยมีปัญหาเรื่อง มาตรฐานสินค้า โดยเฉพาะเรื่องสารตกค้างคลอแรมเฟนิคอลและไนโตรฟูแรนในกุ้งสูง จนกระทั่งสหภาพยุโรปสั่งห้ามนำเข้ากุ้งจากประเทศไทยในกลางปี 2545 [1]

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลอุตสาหกรรมกุ้งแปรรูปของไทยในด้านต่างๆ (ต่อ)

ประเภทข้อมูล	ไทย
ระบบการจัดการการผลิต	- โรงงานผลิตกุ้งแปรรูปของไทยกว่าร้อยละ 95 ได้รับการรับรองระบบ GMP และ HACCP แล้ว เพราะสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่นออกกฎหมายว่าสินค้าอาหารทะเลนำเข้าต้องได้รับการรับรองระบบคุณภาพนี้ [1]
การวิจัยและพัฒนา	- มีการผลิตกุ้งแปรรูปสูงมาก ดังนั้นผู้ประกอบการจึงลงทุนพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์สูงขึ้น โดยเฉพาะการทำเป็นสินค้ามูลค่าเพิ่ม เพราะมีราคาขายสูงกว่ากุ้งแช่แข็งปกติ [1]
ทิศทางการลงทุนและการขยายตัวของอุตสาหกรรม	- ตั้งแต่ต้นปี 2545 เป็นต้นมา สินค้ากุ้งแปรรูปของไทยประสบปัญหาเรื่องสารเคมีตกค้างอย่างหนัก โดยทางสหภาพยุโรปตรวจพบการปนเปื้อนของสารคลอแรมเฟนิคอล และไนโตรฟูแรนในสินค้าที่นำเข้าจากไทย ต่อมาในช่วงปลายปี 2545 สหภาพยุโรปประกาศสั่งห้ามนำเข้าสินค้ากุ้งแปรรูปจากไทย ส่งผลให้ผู้ประกอบการไทยต้องสูญเสียรายได้เป็นจำนวนมหาศาล ดังนั้นจึงยังไม่มีการลงทุนหรือขยายโรงงานเพิ่ม เพราะสถานการณ์การค้ากุ้งโลกยังมีความไม่แน่นอนและมีความเสี่ยงสูงต่อการถูกตีกลับสินค้า [1]
นโยบายและมาตรการสนับสนุนของภาครัฐ	- การจัด Zoning พื้นที่เลี้ยงกุ้ง - การประกาศห้ามใช้สารคลอแรมเฟนิคอล ไนโตรฟูแรน ไดมิไตรดาโซลโรนิดา คาร์บาดอกซ์ และโอลาควินดอกซ์ ในอาหารเลี้ยงกุ้งทุกชนิด [7] - การให้ใบกำกับการจำหน่ายกุ้งเลี้ยงแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง โดยไม่ต้องใช้ใบรับรองปลอดสารตกค้างประกอบและไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ เฉพาะที่จะส่งออกไปสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และเกาหลีใต้ [7]
ผลกระทบของนโยบายและมาตรการรวมตัวในระดับภูมิภาคต่ออุตสาหกรรม	- อุตสาหกรรมกุ้งแปรรูปถือว่าเป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับผลกระทบจากการกีดกันทางการค้าที่มิใช่ภาษีมากที่สุด โดยเฉพาะจากสหภาพยุโรปที่มีความเข้มงวดสูงมากเรื่องความปลอดภัยของอาหาร และสหรัฐอเมริกาก็เพิ่มความเข้มงวดในการนำเข้าสินค้ามากขึ้นเช่นกัน ซึ่งมีความไม่แน่นอนสูงมากในปัจจุบัน [1]
ผลกระทบของสภาวะเศรษฐกิจต่ออุตสาหกรรม	- กุ้งเป็นสินค้าที่มีราคาสูง กลุ่มผู้บริโภคจึงเป็นคนระดับกลางขึ้นไป เมื่อโลกเกิดวิกฤติเศรษฐกิจในปี 2543 กุ้งซึ่งเป็นสินค้าฟุ่มเฟือยจึงมีการบริโภคลดลงทันที เพราะผู้บริโภคระมัดระวังค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นโดยในปี 2544 จนถึงปัจจุบันสหรัฐอเมริกาเกิดภาวะเศรษฐกิจตกต่ำอย่างมาก ประชาชนวิตกกังวลเรื่องการก่อการร้าย ทำให้การส่งออกกุ้งลดลงอย่างมาก และการที่เศรษฐกิจโลกยังไม่ดีขึ้น และยังมีแนวโน้มที่จะเกิดสงครามระหว่างสหรัฐอเมริกากับอิรัก ยิ่งส่งผลให้สถานการณ์การส่งออกกุ้งของไทยไม่มั่นคงมากขึ้น โดยหากจะพึ่งตลาดอียูก็ต้องประสบกับกฎระเบียบนำเข้าและการตรวจสอบที่เข้มงวด ดังนั้นอุตสาหกรรมกุ้งของไทยในปีหน้าจึงยังอยู่ในช่วงการปรับตัวเรื่องระบบคุณภาพ และการส่งออกอาจจะขยายตัวเพิ่มขึ้นหากปัญหาเรื่องสารเคมีตกค้างได้รับการแก้ไขอย่างชัดเจน [1]

หมายเหตุ: [1] ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการในไทย

[4] อัตราสูญเสีย (% Waste) = 100 – อัตราสินค้าผลิตเสร็จ (หน่วยเป็นร้อยละ)

[5] อัตราสินค้าผลิตเสร็จ (% Yield) = $\frac{\text{ปริมาณสินค้าผลิตเสร็จ (กิโลกรัม / ตัน)}}{\text{ปริมาณกุ้ง (กิโลกรัม / ตัน)}}$ X 100 (หน่วยเป็นร้อยละ)

[6] ใช้วัตถุดิบเป็นกุ้งสดทั้งตัว ซึ่งต้องแกะเปลือกและเด็ดหัวก่อนนำไปแปรรูป ดังนั้นจึงมีอัตราการสูญเสียสูง

[7] กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ที่มา:สถาบันอาหาร, กันยายน 2545

ปัจจุบันเทคโนโลยีชีวภาพได้เข้ามามีบทบาทมากในประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศเขตร้อนชื้น มีความหลากหลายทางชีวภาพมาก จุลินทรีย์ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำขนาดเล็ก ที่สามารถพบได้ทั่วทุกหนทุกแห่ง ด้วยลักษณะโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน มีรูปแบบการสร้างพลังงาน ที่หลากหลายจึงทำให้จุลินทรีย์สามารถปรับสภาพทางสรีระ และกายภาพของเซลล์ให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้ง่าย (ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์, 2539) สาเหตุหนึ่งของการเลี้ยงกุ้งไม่ประสบความสำเร็จ กุ้งตายก่อนกำหนดหรือเลี้ยงไม่โต เกิดโรคระบาด มาจากการเน่าเสียของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง ซึ่งสืบเนื่องมาจาก การให้อาหารซึ่งมีโปรตีนสูงในปริมาณที่มากเกินไป รวมทั้งสิ่งขับถ่ายจากกุ้ง และซากแพลงก์ตอนที่ทับถมกันในพื้นที่จำกัด ก่อให้กองตะกอนเลนเน่า กุ้งเครียด อ่อนแอ กองเลนนี้จะมีแก๊สมีเทน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย ฯลฯ ซึ่งแก๊สเหล่านี้จะทำให้ คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไป เช่น pH สี ความโปร่งใสของน้ำ การละลายของออกซิเจนในน้ำ เป็นต้น
(วิชัย ลาภจตุรพร, 2535)

2.2 **สาเหตุของการมียาและสารเคมีตกค้างในกุ้งกุลาดำ**

ลิลา เรืองแป้น (2545) รายงานว่าสิบปีที่ผ่านมาประเทศไทย เป็นผู้นำด้านการผลิตกุ้งที่มีคุณภาพติดตลาดโลกทุกตลาด ทำให้คนไทยไม่เคยเฉลียวใจในปัญหาเรื่องยาและเคมีภัณฑ์ ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งเท่าที่ควร ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งภาครัฐและเอกชนไม่ได้มีการวางกรอบแผนงานวิจัยหรือให้ทุนสนับสนุนโครงการศึกษาทางด้านการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียและขบวนการเภสัชจลศาสตร์ของยาที่ใช้ในสัตว์น้ำ ตลอดจนการศึกษาวิชาการของบริษัทขายเคมีอุปกรณ์ยาและอาหารเสริม ซึ่งมักจะให้บริการด้วยระบบขายตรง (direct sale) นักขายเหล่านี้ บ้างเคยผ่าน การฝึกงานด้านการเพาะเลี้ยงกุ้งมาพอสมควร แต่ส่วนใหญ่ไม่มีความรู้ในเรื่องการเพาะเลี้ยงกุ้ง ด้วยระบบชีวภาพที่ปล่อยของเสียจากบ่อน้อยที่สุด ซึ่งเป็นระบบใหม่ที่คิดค้นขึ้นมาโดยนักวิชาการกองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งบางรายเคยผ่านการอบรมทางด้านวินิจฉัยโรค การตรวจสอบเชื้อและ

การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเมื่อกุ้งอยู่ในภาวะวิกฤต แต่เปอร์เซ็นต์ส่วนมากไม่เคยผ่านวิชาดังกล่าวข้างต้นมาเลย จุดมุ่งหมายในอาชีพ คือการเรียนรู้วิธีจำหน่ายสินค้าให้ได้ยอดขายสูงที่สุดโดยลืมคำนึงถึงผลเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม ส่วนนักวิชาการหรือที่ปรึกษาซึ่งเป็นหัวใจในการสัมมนาอบรมเกษตรกรของบริษัทส่วนใหญ่จะเน้นในหัวข้อการเลี้ยงอย่างไรจึงจะได้ผลผลิตในปริมาณสูง โดยการแนะนำให้เกษตรกรปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่น บางรายแนะนำ ให้ปล่อยสูงถึง 80-100 ตัว/ตร.ม. ซึ่งสูงเกินกว่าอัตราที่ควรปล่อยถึง 3-4 เท่า ซ้ำยังกำชับให้ใช้อาหารเสริมและยาผสมอาหารให้กุ้งกินเป็นระยะตลอด ช่วงเวลาของการเลี้ยงซึ่งมีผลก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพกุ้งเลี้ยงเนื่องจากยาและอาหารเสริมเหล่านั้นมีการปรุงแต่งด้วยสารที่ไม่ได้ระบุไว้ในฉลากกำกับสินค้าแต่อย่างใด

วิธีการดังกล่าวข้างต้น เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนการผลิตกุ้งขยับสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้ยังไม่รวมถึงราคาอาหารและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับทุกปีอยู่แล้ว ดูเหมือนว่าเกษตรกรจะหลีกเลี่ยงการใช้ยาและเคมีภัณฑ์ได้ยากเหลือเกินเพราะระบบการขายตรงพร้อมทั้งการให้เครดิตจนไปถึงระยะการจับผลผลิตเป็นสิ่งที่ช่วยทำให้สามารถเลี้ยงกุ้งต่อไปได้อีกรุ่นหนึ่ง แต่หาทราบไม่ว่ากุ้งที่เลี้ยงขึ้นมาด้วยการดูแลอย่างใกล้ชิดและทะนุถนอมยิ่งกว่าลูกของตนเองนั้นเป็นผลผลิตที่มีปริมาณในระดับที่น่าพอใจแต่ไม่มีคุณภาพตามมาตรฐานของตลาดโลก แทนที่จะผลิตได้อาหารทะเลที่เต็มไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการของตลาด ซ้ำยังสร้างความเสียหายต่อการส่งออกสินค้าอาหารทะเลของไทยทั้งระบบ โดยรวมถึงสินค้าแช่เย็น แช่แข็ง และสินค้าแปรรูป ซึ่งมีมูลค่าส่งออกถึงแสนล้านบาท สิ่งสำคัญเหนือสิ่งอื่นใดคือการสูญเสียชื่อเสียงที่เคยสร้างไว้ในเรื่องการตรวจสอบควบคุมมาตรฐานและคุณภาพของกุ้งทะเล จนขึ้นอยู่ในอันดับที่หนึ่งของผู้ส่งออกในภาพพื้นเอเชีย

สำหรับสารปฏิชีวนะที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งอย่างกว้างขวาง คือ ออกซิเททราไซคลิน (Oxytetracy cline, OTC) กับออกโซลินิค เอซิค(Oxolinic acid, OA) ซึ่งเป็นสาร ต้านจุลชีพที่อนุญาตให้ใช้อย่างถูกกฎหมาย โดยเฉพาะ OTCนั้นเป็นยาสารที่ CODEX ขึ้นทะเบียนให้ใช้ในการผลิตสัตว์น้ำและสัตว์บกเพื่อใช้เป็นอาหารของมนุษย์ อย่างไรก็ตามการนำยาเหล่านี้ มาใช้ก็ต้องทราบวิธีการและใช้อย่างถูกต้องและสิ่งสำคัญที่สุดจะต้องไม่ให้เหลือตกค้างอยู่ในเนื้อสัตว์เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าปลอดภัยและสามารถนำสัตว์นั้นมาบริโภค ซึ่งเรียกว่าค่า MRL (Maximum Residue Limit) สำหรับ OTC นั้นมีค่า MRLกำหนดไว้ที่ 0.05 ppm (ค่าของประเทศญี่ปุ่น) และ 0.01 ppm สำหรับสหภาพยุโรป ส่วน OA มีค่า MRL กำหนดไว้ที่ 0.05 ppm สำหรับประเทศญี่ปุ่น ส่วนค่า MRL ของสหภาพยุโรปกำหนดเป็น 0.00 ppm คือไม่ให้มีเลย กรมประมงโดยกองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ได้ก่อตั้งหน่วยตรวจสอบและเฝ้าระวังการใช้ยา OTC และ

OA ในกุ้งเลี้ยงระยะเดือนที่ 3 หรือ 90 วันขึ้นไป เพื่อไม่ให้มียาตกค้างในเนื้อเกินค่า MRL ที่กำหนดไว้

2.3 ปัญหาสารปฏิชีวนะกับการเลี้ยงกุ้ง

ความเป็นมาของปัญหาสารตกค้างในสินค้ากุ้งที่นับว่าเป็นปัญหาใหญ่ระดับชาตินั้น เกิดขึ้นตามลำดับและช่วงเวลาดังนี้

เมื่อต้นปี 2544 สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศฯ ณ กรุงเวียนนา ได้มีหนังสือด่วนลงวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2544 แจ้งว่า ซูเปอร์มาร์เกตใหญ่ของออสเตรียได้ประกาศเลิกวางจำหน่ายกุ้งจากประเทศไทยเขตร้อนรวมทั้งกุ้งจากประเทศไทยด้วย ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มเอนจีโอ (NGOs) ซึ่งเป็นสมาชิกของกรีนพีช (greenpeace) เวียดนาม และอินโดนีเซีย ซึ่งเคยตรวจพบว่ากุ้งที่ผลิตจาก 3 ประเทศนี้มียาคลอแรมเฟนิคอลปนเปื้อนอยู่ นอกจากนี้ยังได้มีแผนการเฝ้าระวังสุ่มตรวจสินค้ากุ้งที่ส่งไปจากประเทศไทยอย่างเข้มงวดด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงทำให้การนำเข้ากุ้งสู่ยุโรปเป็นไปได้ยากมากขึ้น และอาจจะเป็นไปไม่ได้เลย หากมีการตรวจพบยาชนิดนี้อยู่ในเนื้อกุ้งของไทยในล็อตที่จะส่งเข้าไปยุโรปครั้งต่อไป

คุณสมบัติและลักษณะของคลอแรมเฟนิคอล (Chloramphenicol,CP)

คลอแรมเฟนิคอล เป็นสารปฏิชีวนะที่สังเคราะห์จากสิ่งมีชีวิต มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว เป็นสารที่องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา(USFDA) และหน่วยงานประเมินการใช้ยาของยุโรป (EMEA) ห้ามนำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์ที่ผลิตเพื่อเป็นอาหารของคนอย่างเด็ดขาด เนื่องจากเป็นยาที่ต้องสงวนไว้สำหรับมนุษย์ การที่องค์การทั้ง 2 แห่งมีกฎระเบียบห้ามใช้เช่นนี้ก็เท่ากับว่าเป็นกฎระเบียบที่ยอมรับกันทั่วโลกอยู่แล้วทำไมจึงต้องห้ามใช้ยาคลอแรมเฟนิคอลให้สัตว์ในเมื่อคลอแรมฯ เป็นยาที่ออกฤทธิ์ได้กว้างใช้รักษาโรค ติดเชื้อภายนอก โรคผิวหนังบางชนิด เหตุผลที่ต้องห้ามเนื่องจากพิษของคลอแรมเฟนิคอล มีหลายประการดังนี้

พิษของคลอแรมเฟนิคอล

คลอแรมเฟนิคอล เป็นยาที่มีราคาถูกและต้องการสงวนไว้ใช้สำหรับการรักษาโรคในคน ซึ่งไม่มียาอื่นรักษาได้ ถ้ามีการนำไปใช้ในสัตว์ที่เลี้ยงเป็นอาหาร และคนบริโภคอาหารที่มี คลอแรมเฟนิคอลตกค้างเข้าไปก็จะทำให้เชื้อโรคในคนดื้อยาคลอแรมฯได้ และจะใช้รักษาโรคไม่ได้อีกต่อไป นอกจากนี้ถ้าบริโภคเข้าไปเรื่อย ๆ โดยไม่รู้ตัวก็จะสะสมในร่างกายจนทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

อันตรายของยาคลอแรมเฟนิคอลนั้นค่อนข้างร้ายแรง เนื่องจากมีผลทำให้ผู้บริโภคเป็นโรคมะเร็งในเม็ดเลือด และทำให้ขาดภูมิคุ้มกันโรค นอกจากนี้ยังทำให้เป็นโรคโลหิตจางชนิดที่กระดูกไม่สามารถสร้างเม็ดเลือดแดงได้อีกต่อไป และยังเป็นสาเหตุของโรคเลือดไหลไม่หยุด เพราะเกล็ดเลือดเปราะบางทำให้ประสาทตาพิการเด็กที่อยู่ในครรภ์มารดาและได้รับยาคลอแรมเฟนิคอล ผ่านแม่เข้าไปจะเป็นโรคตัวสีเทาและหากแม่ท้องแก่บริโภคยาคลอแรมเฟนิคอลเข้าไปจะทำให้เด็กที่คลอดออกมา อาเจียน หายใจผิดปกติ ระบบหมุนเวียนโลหิตล้มเหลวและอาจเสียชีวิตได้ ถ้าทารกไม่ตายก็อาจจะทำให้มีอาการปัญญาอ่อนขั้นต่ำจะเห็นได้ว่าพิษของคลอแรมเฟนิคอลนั้นร้ายแรงมากจนทำให้ทุกคนวิตกกังวลเกรงว่าจะบริโภคเข้าไปโดยไม่รู้ตัวเนื่องจากมีการปนเปื้อนในอาหาร

จากงานวิจัยที่ศึกษาทางด้านการถ่ายทอดยีนต์ดื้อยาของแบคทีเรียวิบริโอ ที่แยกจากกุ้งกุลาดำ พบว่าแบคทีเรียสามารถถ่ายทอดยีนดื้อยาคลอแรมเฟนิคอลในระดับที่สูงขึ้นทุกปี ทั้งนี้เพราะว่าหากมีคนนำยาชนิดนี้ไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งก็จะมียาตกค้างในน้ำและในดิน ทำให้เชื้อโรคในสิ่งแวดล้อมดื้อยามากขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้ไม่สามารถควบคุมโรคกุ้งได้อีกต่อไป(ลิลา เรืองแป้น, 2545)

การดำเนินงานแก้ไขปัญหามีขั้นตอนดังนี้

นำประกาศของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ฉบับประกาศทั่วไปเล่มที่ 116 ตอนพิเศษ-41ง ลงวันที่ 14 มิถุนายน 2542 ซึ่งประกาศไม่อนุญาตนำเข้าและใช้คลอแรมเฟนิคอลเป็นวัตถุที่เติมลงไปในอาหารสัตว์ และในการผลิตอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์มาประชาสัมพันธ์ และตรวจสอบการปลอมปนยาคลอแรมเฟนิคอลในอาหารสัตว์อย่างเข้มงวด

ทำการตรวจสอบการมียาคลอแรมเฟนิคอลในกุ้งที่อยู่ในประเทศทั่วทุกแหล่งและ ผลการตรวจสอบพบว่าทั้งตัวอย่างกุ้งในฟาร์มเลี้ยงและจากห้องเย็นมียาคลอแรมเฟนิคอลอยู่ในเนื้อกุ้งเป็นเปอร์เซ็นต์สูง

หาสาเหตุของการมียาคลอแรมเฟนิคอล ในกุ้งเนื่องจากไม่เคยมีรายงานว่ามีการแนะนำให้ใช้คลอแรมฯรักษาโรค และผู้แทนเกษตรกรได้แจ้งว่าไม่เคยใช้ยาชนิดนี้ ผลของการศึกษา หาสาเหตุพบว่า จากการเก็บตัวอย่างยาที่ขายในท้องตลาด จำนวน 24 ตัวอย่าง ปรากฏว่ามียาคลอแรมฯ ผสมอยู่ในตัวอย่างยาจำนวนสูงถึง 15 ตัวอย่าง (ลิลา เรืองแป้น, 2545)

ผลการตรวจพบครั้งนี้ทำให้ทราบว่าต้นเหตุของปัญหาที่สำคัญที่สุดก็คือบริษัทขายยาบางบริษัทได้มีการปลอมปนยาต้องห้ามนี้ลงไป เพื่อขายยาให้แก่เกษตรกรทั้ง ๆ ที่ชื่อทางการค้าของยาและชื่อตัวยาที่ระบุไว้หน้ากระป๋องหรือถุงไม่ได้ระบุว่ามีคลอแรมเฟนิคอลอยู่เลยจึงทำให้เกษตรกรนำไปใช้โดยความเข้าใจผิด ซึ่งปัญหาเรื่องฉลากยาก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ไม่

ควบคุมได้ และไม่ได้อยู่ในอำนาจของกรมประมงที่จะออกกฎบังคับได้ ผู้ที่มีอำนาจในการออกกฎหมายเรื่องฉลากยาควรเร่งดำเนินการแก้ไขปัญหา

การประชาสัมพันธ์ข้อเท็จจริง เช่น สาเหตุและผลการดำเนินงาน ซึ่งกรมประมงได้แจ้งข้อมูลทั้งหมดให้แก่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกุ้งทั่วไป ตลอดจนทำความเข้าใจกับบริษัทขายยาสัตว์น้ำ (ได้เฉพาะรายที่เปิดเผยตัวเอง) และได้ขอความร่วมมือไปยังชมรมผู้เลี้ยงกุ้งเพื่อช่วยประชาสัมพันธ์และรณรงค์ห้ามใช้ยาคลอแรมเฟนิคอล และไม่ซื้อยาจากบริษัทที่ตรวจพบว่ามีการปลอมปนยาจำหน่าย หากมีใครพบเห็นผู้ใดใช้คลอแรมเฟนิคอลให้กุ้งกินก็ควรจะแจ้งให้เจ้าหน้าที่ตามศูนย์/สถานีประมงใกล้เคียงทราบเพื่อจะได้ดำเนินการตามกฎหมาย

ได้มีการประชุมพนักงานที่มีหน้าที่ออกตรวจสอบเฝ้าระวังยาคลอแรมเฟนิคอลตามร้านจำหน่ายยาและในฟาร์มเลี้ยงกุ้งเพื่อเก็บตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ ซึ่งขณะนี้เจ้าหน้าที่ได้รับบัตรประจำตัวพนักงานตาม พ.ร.บ.อาหารและยาแล้วเพื่อพร้อมจะออกปฏิบัติการทั่วประเทศ

ได้จัดหาอุปกรณ์เครื่องมือตรวจสอบยาคลอแรมเฟนิคอลไว้ประจำศูนย์ฯและสถานีฯ จำนวน 21 แห่ง ทั้งนี้เพื่อบริการตรวจสอบยาคลอแรมเฟนิคอล เมื่อเกษตรกรสงสัยว่าจะปนเปื้อนอยู่ในกุ้งที่เลี้ยงอยู่ หรือสงสัยว่าจะปนเปื้อนในอาหารเสริมบางชนิดที่เคยตรวจพบมียาคลอแรมเฟนิคอลปนเปื้อนอยู่

ปัญหาการพบสารไนโตรฟูแรนในกุ้งไทย

ปัญหาการตรวจพบสารคลอแรมเฟนิคอลในสินค้ากุ้งทะเลครั้งแรกเมื่อต้นปี พ.ศ. 2544 นั้นยังไม่ใช่ปัญหาหนักหนาสำหรับประเทศไทยนัก เนื่องจากจำเลยโดยตรง คือ จีน อย่างไรก็ตามประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบในเรื่องนี้ไปด้วยแล้ว ดังนั้นทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องจึงได้ร่วมมือกันแก้ไขปัญหาและหาทางป้องกันไม่ให้กุ้งส่งออกในล็อตต่อไปมียาหรือสารต้องห้ามปนเปื้อนอยู่ด้วย และการแก้ไขปัญหาคลอแรมเฟนิคอล ยังไม่ทันลุล่วงไปได้ตลอดรอดฝั่งดีนัก เมื่อต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2545 สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยก็ได้รับข่าวว่าสมาคมผู้นำเข้าเนเธอร์แลนด์ได้ตรวจพบไนโตรฟูแรน (Nitrofurans) ในสินค้ากุ้งกุลาดำจากประเทศไทยและปลาไหลจากประเทศจีนซึ่งจำเป็นต้องทำลายสินค้าทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีมาตรการที่จะตรวจสอบสินค้ากุ้งที่ส่งเข้าไปใน สหภาพยุโรปอย่างเข้มงวด คือ ตรวจทุกล็อต จนกว่าประเทศคู่ค้าจะมีมาตรการแก้ไขปัญหาให้เห็นเป็นรูปธรรมและสามารถชี้แจงได้อย่างเป็นที่พอใจของเจ้าหน้าที่ซึ่งจะเดินทางเข้ามาศึกษาดูงานในประเทศไทย

คุณสมบัติและลักษณะของไนโตรฟูแรน (Nitrofurans, NF)

สารในกลุ่มไนโตรฟูแรนเป็นยาที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากสารเคมีมีลักษณะเป็นผงสีเหลืองเข้มกว่าสีของออกซิเททราไซคลินเล็กน้อย ใช้ในการรักษาโรคการติดเชื้อในทางเดินท่อปัสสาวะและโรคติดเชื้อในช่องคลอดตลอดจนโรคติดต่อทางผิวหนัง ซึ่งใช้กันทั้งมนุษย์และสัตว์ เช่นสัตว์ปีก (ไก่ เป็ด) สัตว์มีกีบ (สุกร โค กระบือ แพะ แกะ) สารในกลุ่มนี้มีอยู่ด้วยกันหลายอนุพันธุ์ ที่ใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ ฟูราโซลิโคน (Furazolidone) ไนโตรฟูราโซน Nitrofurazone) ไนโตรฟูแรนโตอิน (Nitrofurantion) ไนเฟอร์พิรินอล (Nifurpirinol) และไนเฟอร์สไตริเนท (Nifurstryenate)

พิษของสารในกลุ่มไนโตรฟูแรน

สารปฏิชีวนะในกลุ่มไนโตรฟูแรนนั้นเป็นสารที่ก่อโรคมะเร็ง (carcinogens) ในคนและสัตว์ หากบริโภคเข้าไปบ่อย ๆ สารจะสะสมอยู่ในร่างกายของผู้บริโภคจึงมีความเสี่ยงสูงที่จะเป็นโรคมะเร็งได้ นอกจากนี้อนุพันธุ์บางตัวยังไปทำลายระบบประสาทส่วนปลายของปอดและอาจจะทำให้เกิดอาหารแพ้ที่บริเวณผิวหนังของคนอีกด้วย จึงนับว่าเป็นสารอันตรายที่ต้องห้ามใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์ที่จะนำมาเป็นอาหารของคนในประเทศไทยได้กำหนดให้สารกลุ่มไนโตรฟูแรน โดยเฉพาะ Nitrofurazone และ Nitrofurantoin ใช้เป็นยารักษาโรคในคนและสัตว์ ซึ่งจัดอยู่ในบัญชียาหลัก พ.ศ. 2543 บัญชี ก.สหรัฐอเมริกาได้ประกาศห้ามใช้ในสารไนโตรฟูแรน 2 รายการ ได้แก่ Furazolidone และ Nitrofurazone โดยห้ามใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์ทุกประเภทที่ผลิตขึ้นมาเป็นอาหารของคน ส่วนสหภาพยุโรปนั้น ก็ได้มีประกาศห้ามใช้ในจุดประสงค์เดียวกันกับอเมริกา สำหรับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ออกประกาศห้ามนำเข้าอาหารสัตว์ที่มีส่วนผสมของสารนี้และห้ามใช้เป็นวัตถุเติมในอาหารสัตว์ ตั้งแต่ปี 2542 มาแล้ว (ลิลา เรืองแป้น, 2545)

มาตรการแก้ไขปัญหาสารปฏิชีวนะตกค้างในกุ้งของกรมประมงนั้นมีโดยรวมดังนี้

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ให้ความรู้โดยการประชาสัมพันธ์ด้วยสื่อต่าง ๆ การสัมมนา การฝึกอบรมการให้ความรู้คำแนะนำในทุกกระบวนการผลิต ณ ฟาร์มและสถานที่ประกอบการเพื่อสร้างองค์ความรู้ความเข้าใจในการป้องกันและควบคุมสารตกค้างจากยาปฏิชีวนะให้แก่เกษตรกร และผู้ที่เกี่ยวข้องในธุรกิจต่อเนื่อง เช่น ห้องเย็น ผู้ส่งออก สมาคมผู้ผลิตจากนั้นจึงสร้างเครือข่ายการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพผลผลิต รวมทั้งการถ่ายทอดเทคโนโลยีร่วมกันกับองค์กรของเกษตรกรและองค์กรที่เกี่ยวข้อง เช่น กลุ่มเกษตรกร สหกรณ์ ชมรม และสมาคม เป็นต้น

การตรวจสอบคุณภาพพ่อแม่พันธุ์กุ้งและลูกกุ้ง

กำหนดหน่วยควบคุมและคุณภาพพ่อแม่พันธุ์กุ้งและลูกกุ้ง เพื่อให้เกิดความมั่นใจ แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในเบื้องต้นว่าพันธุ์กุ้งที่อยู่ในระบบปลอดโรคและเป็นพันธุ์กุ้งที่แข็งแรงซึ่งจะมีผลเป็นอันมากในการลดและเลิกการใช้ยาปฏิชีวนะในขั้นตอนการเลี้ยงกุ้ง เพราะปัจจุบันปัญหาพันธุ์กุ้งที่ไม่มีคุณภาพเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้มีการใช้สารปฏิชีวนะบำบัดรักษา

การให้บริการตรวจวิเคราะห์ คุณภาพผลผลิตกุ้งจากการเพาะเลี้ยง

พัฒนาประสิทธิภาพการให้บริการตรวจสอบ รับรองคุณภาพ วัตถุดิบกุ้ง โดยตรวจ สารตกค้างในกุ้งเลี้ยงก่อนจับประมาณ 10 วัน หากตรวจพบให้ระงับการจับไว้ก่อน แล้วตรวจสอบใหม่จนเหลือไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด สำหรับในผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออกของกรมประมงจะมีการตรวจสอบอย่างเข้มงวดทุกล๊อตในระยะแรก จนกว่าจะไม่พบสารตกค้างในผลิตภัณฑ์จึงจะผ่อนผันการตรวจสอบลงปรับปรุงระบบการตรวจสอบ รับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออกของ กรมประมงให้สามารถตรวจรับรองสินค้ากุ้งและผลิตภัณฑ์ส่งออกได้อย่างรวดเร็วทั่วถึงในทุกล๊อต ของสินค้า

การตรวจสอบและติดตามผล

มีการสุ่มตัวอย่างและเฝ้าระวัง ปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้อง ผลผลิตและผลิตภัณฑ์ เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นการตรวจสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความแม่นยำของการควบคุมคุณภาพผลผลิตของกรมประมงทั้งระบบเพื่อนำผลมาปรับปรุงวิธีการดำเนินงาน

หน่วยตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพวัตถุดิบสัตว์น้ำ

ขณะนี้กรมประมงโดยกองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ได้เปิดบริการตรวจสอบ สารปฏิชีวนะตกค้างในกุ้งเลี้ยงแล้วจำนวน 19 แห่ง และบริการโดย สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล อีก 2 แห่ง รวมทั้งหมดทั่วประเทศ 21 แห่ง นอกจากนี้ศูนย์ฯ และสถานีฯ ทุกแห่งยังเปิดบริการ ตรวจวิเคราะห์โรคกุ้ง คุณสมบัติน้ำการให้คำแนะนำและแก้ไขปัญหา ในการเพาะเลี้ยงกุ้งอีกด้วย

2.4 ความสำคัญของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมาก (microorganism) ที่ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ในการขยายภาพโดยประมาณ 100-1,000 เท่า เพื่อทำให้เห็นได้ชัดเจน จุลินทรีย์ประกอบด้วยเซลล์กลุ่มพื้นฐานแบบเซลล์เดียวที่องค์ประกอบของเซลล์มีนิวเคลียสแบบไม่สมบูรณ์ ซึ่งเรียกกลุ่มนี้ว่า โปรคาริโอต (procaryote) ตัวอย่างได้แก่ แบคทีเรีย ไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) และประกอบด้วยกลุ่มเซลล์เดียว หรือหลายเซลล์ หรืออยู่ในแบบกลุ่มของเซลล์ (cell cluster) ที่มีนิวเครียสแบบสมบูรณ์ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ได้แก่รา โปรโตซัว สาหร่าย จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ดำเนินชีวิตแบบง่าย ๆ ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว พบได้ทุกหนทุกแห่งที่มีความชื้น ด้วยลักษณะโครงสร้างของจุลินทรีย์ที่ไม่ซับซ้อน ใช้ซับสเตรทแบบง่าย ๆ มีรูปแบบการสร้างพลังงานที่หลากหลาย จึงทำให้จุลินทรีย์สามารถปรับสภาพทางสรีระ และกายภาพของเซลล์ให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ง่าย เช่น สามารถอยู่ในภาวะที่มีความแปรปรวนของค่า pH อุณหภูมิ และความเค็มสูงได้ จากความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ทำให้บทบาทของจุลินทรีย์มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์ ทั้งในเชิงบวกและลบ โดยเฉพาะในบ่อกุ้งกุลาดำที่ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตแบบชั้นต่ำและสูง (ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์, 2539)

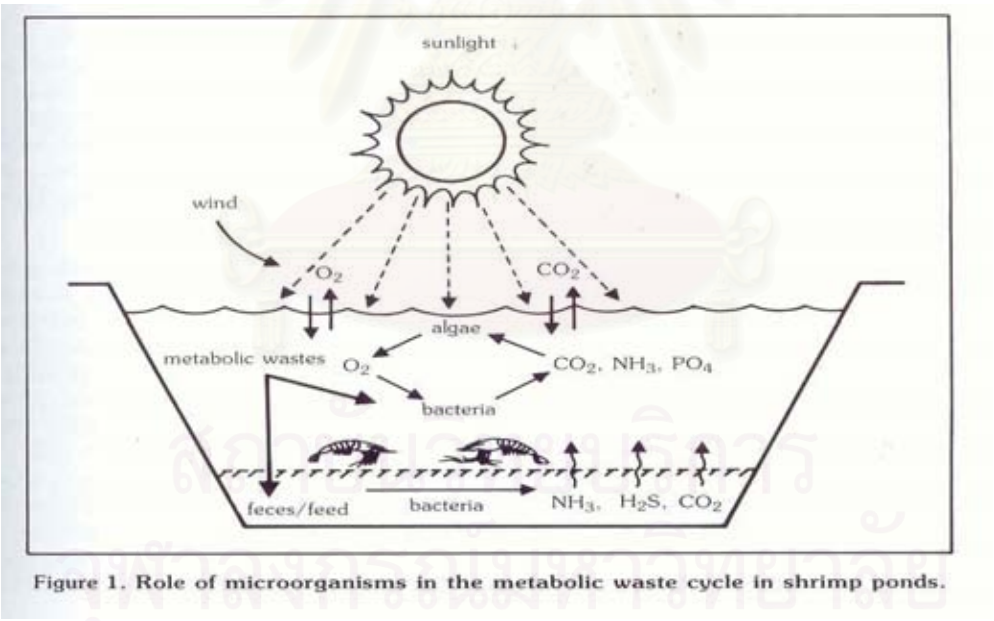


Figure 1. Role of microorganisms in the metabolic waste cycle in shrimp ponds.

ภาพที่ 2.1 บทบาทของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายของเสียในบ่อเลี้ยงกุ้ง (Lin และ Nash, 1996)

น้ำเสียจากการเกษตรแหล่งเพาะปลูกมักจะมีสารเคมีหรือยาฆ่าแมลงปนเปื้อน อาจต้องกักทิ้งไว้ให้สารเหล่านี้เสื่อมสภาพไปเอง ส่วนน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์เริ่มมีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายเลนเศษอาการก้นบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันมากขึ้นโดยเฉพาะบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เริ่มตื่นตัวจากอันตรายสารเคมีและยาปฏิชีวนะตกค้างในดินบริเวณบ่อ จึงหันมาใช้จุลินทรีย์เพื่อเพิ่มการย่อยสลายตามธรรมชาติให้เร็วขึ้น บางแห่งระหว่างเลี้ยงกุ้งกุลาดำต้องมีการควบคุมจุลินทรีย์ภายในบ่อให้มีชนิดและปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้เป็นระบบนิเวศน์ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ธีระ เกรอต (2539) ได้กล่าวถึงจุลินทรีย์ในชีวภาคว่าสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ผู้ผลิตปฐมภูมิ (primary producers) และผู้บริโภค (consumers) ผู้ผลิตจะเปลี่ยนธาตุส่วนใหญ่ในรูปอนินทรีย์ให้อยู่ในรูปอินทรีย์ที่มีพลังงานสูงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ สารอินทรีย์จะผ่านห่วงโซ่อาหาร (food chains) ของผู้บริโภค เปลี่ยนพลังงานและสสารเป็นเซลล์ ผู้บริโภคจะใช้ธาตุเหล่านี้ได้อีก โดยต้องเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปอนินทรีย์ การเปลี่ยนนี้เรียกว่าการทำให้เป็นแร่ (mineralization) ตัวกระทำได้แก่ จุลินทรีย์ มีแบคทีเรียและเชื้อราเป็นเบื้องต้นอยู่ทั่วไป มีส่วนช่วยเหลืออย่างมากในการย่อยสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมดที่เกิดในธรรมชาติ หรืออาหารสัตว์ที่เราใส่ลงในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่เหลือเน่าก้นบ่อ จุลินทรีย์หลากชนิดสามารถร่วมกันย่อยสลายได้ กลายเป็นอนินทรีย์ ส่งต่อให้จุลินทรีย์มีบทบาทเป็นผู้ผลิตใช้ต่อไปเป็นวัฏจักร ที่สมบูรณ์

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2536) กล่าวว่าเมื่อน้ำมี pH สูงขึ้น NH_3 อาจระเหยออกมาจากแหล่งน้ำได้ แต่ถ้า pH ต่ำลง จะถูกเปลี่ยนให้มาอยู่ในรูป NH_4^+ และถูกยึดไว้โดยธาตุหรือสารประกอบที่มีประจุลบ ซึ่งส่วนมากอยู่ในตะกอนอินทรีย์สารและออกมายังแหล่งน้ำได้ยาก

ปิติภรณ์ บัวเจริญ (2540) ศึกษาพบว่า แอมโมเนียถูกกำจัดโดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (nitrification) ซึ่งเกิดขึ้นโดยไนตริฟายอิงแบคทีเรีย 2 กลุ่ม คือ คีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียที่สามารถออกซิไดซ์แอมโมเนียเป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียที่สามารถออกซิไดซ์ไนไตรท์ให้เป็นไนเตรท (NO_3^-) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง แต่จะมีผลทางอ้อม คือ ทำให้เกิดการเพิ่มประชากรของพืชน้ำ และสาหร่ายอย่างรวดเร็ว (eutrophication) ทำให้กุ้งได้รับผลกระทบจากการลดปริมาณของออกซิเจนในเวลากลางคืน นอกจากนี้ไนเตรทยังเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่น (denitrification) คือการเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนให้เป็นแก๊สไนโตรเจนอีกด้วย

เปรมสุดา สมาน (2539) ศึกษาคัดแยกแบคทีเรียพบแบคทีเรียจากตะกอนและน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ย่อยสลายโปรตีน แป้ง และไขมัน จำนวน 5 สายพันธุ์ มาเลี้ยงในน้ำเสียเทียม ที่มีความเข้มข้นของอาหารกุ้ง 0.5%, 1%, 2% และ 3% (W/V) ทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเทียมด้วยค่า COD พบว่าแบคทีเรียนี้สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ 97%, 88%, 88% และ 84% ตามลำดับ ภายใน 7 วัน

2.5 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

สามารถแบ่งจุลินทรีย์ที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1) จุลินทรีย์สำหรับให้สัตว์กินเข้าไปในร่างกาย หรือเรียกว่า โพรไบโอติก อาจใช้แบบผสมอาหารหรือใช้วิธีการอื่น จุลินทรีย์ชนิดนี้ต้องจดทะเบียนกับกรมปศุสัตว์เป็นประเภทอาหารเสริมชีวนะ

2) จุลินทรีย์ที่ใช้บำบัดคุณภาพน้ำและพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จุลินทรีย์ชนิดนี้ปัจจุบันยังไม่ต้องจดทะเบียนแต่การผลิตและนำเข้าจะต้องมีใบตรวจรับรองจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ว่าจะต้องไม่มีจุลินทรีย์ที่เป็นโทษหรือต้องห้ามปนเปื้อนอยู่

2.5.1 การใช้โพรไบโอติกเสริมอาหารในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

โพรไบโอติก เป็นจุลินทรีย์เสริมที่มีชีวิตซึ่งมีผลที่เป็นประโยชน์ต่อเจ้าบ้าน โดยเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องหรืออยู่รอบๆเจ้าบ้าน หรือโดยปรับปรุงการใช้ประโยชน์ จากอาหารหรือพัฒนาคุณค่าทางโภชนาการ หรือโดยพัฒนาการตอบสนองต่อโรค หรือโดยพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของเจ้าบ้าน (Verschuere และคณะ, 2000) วัตถุประสงค์ของการนำโพรไบโอติกมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการปรับสมดุลย์ของประชากรแบคทีเรีย และลดจำนวนเชื้อก่อโรค (Wang และคณะ, 1999)

โพรไบโอติกส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรีย โดยเฉพาะแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Lee และคณะ, 1999) การนำไปใช้อาจประกอบด้วยจุลินทรีย์สายพันธุ์เดี่ยวหรือหลายสายพันธุ์จนถึงมากกว่า 8 สายพันธุ์ (Fuller, 1989) ซึ่งการได้รับโพรไบโอติกจะมีผลดังนี้ มีดังนี้

1) ยับยั้งจุลินทรีย์ โดย
   1.1 สร้างสารต้านจุลชีพ
   1.2 แข่งขันกับจุลินทรีย์อื่นโดยการแย่งอาหาร
   1.3 แข่งขันกับจุลินทรีย์อื่นโดยการแย่งพื้นที่จับ

2) เปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์

2.1 เพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์

2.2 ลดกิจกรรมของเอนไซม์

3) กระตุ้นภูมิคุ้มกัน

3.1 เพิ่มระดับแอนติบอดี (antibody)

3.2 เพิ่มกิจกรรมของแมคโครฟาจ (macrophage)

Moriarty (1998) ใช้ *Bacillus* spp. ในการเลี้ยงกุ้งตระกูลพีเนียส โดยให้มี *Bacillus* spp. ในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งปริมาณ 10^4-10^5 CFU ml^{-1} ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง พบว่า กุ้งในบ่อที่ไม่ได้ใส่ *Bacillus* spp. ประสบปัญหาการตายด้วยโรคเรืองแสงก่อน 80 วันของการเลี้ยง ในขณะที่กุ้งบ่อที่ใช้ *Bacillus* spp. ซึ่งเป็นโพรไบโอติกในการเลี้ยง สามารถเลี้ยงได้มากกว่า 160 วันโดยไม่มีปัญหาโรคเรืองแสง นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำของบ่อกุ้งที่ผสมโพรไบโอติกในการเลี้ยงจะมีปริมาณวิบริโอและวิบริโอเรืองแสงในปริมาณที่ต่ำและดินในบ่อจะตรวจพบวิบริโอต่ำและไม่พบวิบริโอเรืองแสงเลย

2.5.2 บทบาทของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

จันทสิงห์ ดวงบ้านเซ่า (2545) ได้รวบรวมผลงานของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านที่ค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับบทบาทในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ดังนี้ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ได้แก่ Autotrophic microorganism และ Heterotrophic microorganism (Schroeder, 1978) สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและในระบบนิเวศน์ในน้ำ แบคทีเรียมีบทบาทในการย่อยสลายสารอินทรีย์และการหมุนเวียนสารอาหาร (Moriarty, 1986) โดยมีความสำคัญในกระบวนการเผาผลาญพลังงานของระบบนิเวศน์ในน้ำ (Valiela, 1995) สามารถใช้คาร์บอน 40-60% ของคาร์บอนทั้งหมดที่ผู้ผลิตสร้างในสายใยอาหาร (Cole, Findlay และ Pace, 1988) จุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ต่างๆที่อยู่ในแหล่งน้ำนำไปสร้างเป็นโปรตีนซึ่งจะกลายเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำ (Schroeder, 1978) รวมทั้งสิ่งมีชีวิตเล็กๆพวก meiofauna และโปรโตซัว (Moriarty, 1986) สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะเป็นตัวสร้างไนโตรเจนและฟอสฟอรัสซึ่งจะเป็นแหล่งอาหารสำคัญของสาหร่ายต่อไป (Ferchel และ Harrison, 1976; Lee, 1980)

Kodata, Yoshida และ Mitsuhashi (1983) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำในทะเลสาบโดยใช้เทคนิค intermittent aeration ประกอบด้วยแบคทีเรียหลายชนิด อาทิ แบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ ไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) มีทั้งส่วน

ให้อากาศและไม่ให้อากาศ พบว่า สามารถกำจัดไนโตรเจนในน้ำได้ถึง 95-98% และลดปริมาณสารอินทรีย์ได้ดี โดยวัดจากค่าซีโอดีและบีโอดี และผลการให้อากาศแบบเป็นระยะ สามารถบำบัดน้ำได้ดีกว่าการให้อากาศตลอดเวลา

Blackburn, Lund และ Krom (1988) พบว่าในบ่อปลาที่มีอากาศหมุนเวียนเพียงพอจะมีปริมาณแบคทีเรียสูงกว่าในภาวะที่ไม่มีอากาศถึง 10 เท่า ทั้งนี้การย่อยสลายในภาวะมีอากาศเกิดได้เร็วกว่าในภาวะไร้อากาศ นอกจากนี้ระดับพีเอชในน้ำต้องเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์จะทำงานได้ดีในช่วงพีเอช 7.0-8.2

จุลินทรีย์จะย่อยสลายสารต่างๆ โดยการสร้างเอนไซม์ซึ่งจะขับออกภายนอกเซลล์ (Extracellular enzyme) โดยเอนไซม์ที่สำคัญได้แก่ โปรติเอส (Protease) อะไมเลส (amylase) และไลเปส (lipase) เป็นต้น ซึ่งแหล่งในการสร้างเอนไซม์ส่วนใหญ่จะเป็น รา และ *Bacillus* sp. (Staley และ Stanley, 1986) โดยเฉพาะ *Bacillus* sp. จะพบได้ทั่วไปในดิน น้ำ และอากาศ เพราะมีการสร้างสปอร์ซึ่งมีคุณสมบัติทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ทนความร้อน ความแห้งแล้ง ทนสารฆ่าเชื้อ ได้ดีกว่า vegetative cell มีทั้งแบบต้องการอากาศ และบางชนิดสามารถเจริญได้ในภาวะมีอากาศเพียงเล็กน้อย (Willium, 1989) *Bacillus* บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ เช่น *B. polymyxa* *Bacillus* ส่วนใหญ่เจริญได้ดีในช่วงพีเอชเป็นกลาง สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิต่างๆ ในน้ำทะเลพบแบคทีเรียบาซิลลัสมากกว่า 20% ของจุลินทรีย์จำพวก heterotrophic flora โดยพบมากในบริเวณใกล้ฝั่งและลดลงเมื่อห่างฝั่งออกไป บาซิลลัสที่พบมากได้แก่ *B. lichenniformis, B. subtilis* และ *B. pumilis* ตามลำดับ ในดินตะกอนจะพบแบคทีเรียมากกว่าในน้ำทะเล (Austin, 1988)

Fushs และคณะ (1972) พบว่าการใช้ฟอสฟอรัสของแบคทีเรียบางชนิดเช่น *Bacillus* sp. จะสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ดีกว่าพืชน้ำ ดังนั้นปริมาณของแบคทีเรียจะสามารถควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสได้ดีและเป็นการควบคุมปริมาณการเพิ่มของพืชน้ำได้ดีด้วย Ehrlich, Cantin และ Horsfall (1989) ทดลองใช้แบคทีเรีย 1% ในบ่อเลี้ยงปลาเทราท์จะสามารถลดปริมาณแอมโมเนียลงได้ 90% และลดค่าปริมาณฟอสฟอรัสลงได้ 85% เมื่อเทียบกับบ่อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรีย

สมพร ธนวิริยะกุล (2535) ศึกษาปริมาณและชนิดของแบคทีเรียเฮตเทอโรโทรป จากตัวอย่างน้ำและดินในบ่อเลี้ยงกุ้ง พบว่ามีปริมาณแบคทีเรีย $1.5x10^{3}$ – $5.6x10^{6}$ cells ml^{-1} และ $2.7x10^{5}$ – $8.4x10^{7}$ cells g^{-1} และคัดเลือกชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายโปรตีน แป้ง และไขมัน จากการจัดจำแนกพบว่าเป็นแบคทีเรียชนิด *Bacillus subtilis* และทำการทดลองเลี้ยงกุ้งในบ่อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยใส่เชื้อที่คัดเลือกได้ประมาณ 10^{7} cells ml^{-1} พบว่าในบ่อที่ใส่เชื้อปริมาณไนไตรท์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และค่า BOD ต่ำกว่าบ่อที่ไม่ใส่เชื้อ

ชลิต โนระดี (2535) ศึกษาผลของแบคทีเรียสายพันธุ์ *Bacillus subtilis* ในการย่อยสลายสารอินทรีย์จากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยเลี้ยงกุ้งในบ่อซีเมนต์ที่มีพื้นเป็นดินเหนียว ปล่อยกุ้งความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร พบว่า จากการเติมแบคทีเรียในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ทุกๆ 2 สัปดาห์ ทำให้กุ้งมีอัตรารอดสูง แต่มีความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดควบคุม สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในการเลี้ยงระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ได้ 69% และมีปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรทและค่าบีโอดี ต่ำกว่าการทดลองที่ไม่เติมแบคทีเรีย

บุญเชิญ จันทร์เมือง (2545) พบว่าในธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์มากมายหลายชนิดและแต่ละชนิดก็แพร่พันธุ์ เจริญ และเพิ่มปริมาณภายใต้สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ กัน ระหว่างประชากรของจุลินทรีย์แต่ละชนิดก็มีการแข่งขันและควบคุมปริมาณประชากรของแต่ละชนิดด้วยโดยมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมของจุลินทรีย์แต่ละชนิดเป็นตัวส่งเสริม จุลินทรีย์สามารถเจริญแพร่พันธุ์และปริมาณได้อย่างรวดเร็วภายในเวลาเพียงเป็นชั่วโมงเท่านั้น แต่ในบ่อเลี้ยงกุ้งจะมีช่วงชีวิตสั้นคือ เมื่อขยายพันธุ์ขึ้นอย่างรวดเร็วแล้วก็จะตายภายในเวลา 7-10 วัน เมื่อตายไปจะเข้าเกราะ (สปอร์หรือซีสท์) ตกอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ เพื่อรอเวลาและสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมแล้วก็จะแตกตัวและแพร่พันธุ์เพิ่มปริมาณขึ้น

2.6 ปัจจัยที่ควบคุมการแพร่ขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์

1) อากาศออกซิเจนต้องมีเพียงพอไม่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยข้อนี้ทำให้แบ่งจุลินทรีย์ออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มแรก เป็นกลุ่มที่ต้องใช้ออกซิเจนจากอากาศหรือน้ำจึงจะสามารถมีชีวิตและแพร่ขยายพันธุ์ได้เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการย่อยสลายอินทรีย์สารหรือให้สารอาหารเป็นอาหารแก่แพลงก์ตอนพืชและสัตว์ เป็นจุลินทรีย์ที่อ่อนแออยู่ในสถานที่ค่อนข้างสะอาดและ pH ประมาณ 7 - 8

กลุ่มสอง เป็นกลุ่มที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจนจากอากาศและน้ำเพราะสามารถดึงเอาออกซิเจนจากสารประกอบที่มีออกซิเจนเป็นตัวประกอบมาใช้ในกิจกรรมการแพร่ขยายพันธุ์และสารย่อยสลายในสถานที่น้ำขาดออกซิเจนและก๊าซพิษ เช่นคาร์บอนไดออกไซด์ ไนไตรท์ มีเทนและไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นตัวทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงกุ้ง จุลินทรีย์กลุ่มนี้มักเกิดในสภาพที่เลว เช่น pH สูงเกิน 8.0 ขึ้นไป มีก๊าซพิษต่าง ๆ มาก และกลุ่มนี้มักจะเป็นโรคของกุ้งด้วย การเน่าย่อยสลายจะเกิดอยู่ตรงบริเวณที่มีของเสียสะสม คือบริเวณก้นบ่อโดยเฉพาะตรงบริเวณกลางบ่อบริเวณนี้จำต้องมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ

2) ก๊าซพิษอื่นๆ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์

3) อุณหภูมิ เป็นตัวกระตุ้นการแพร่พันธุ์และเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อุณหภูมิที่พอเหมาะคือ 30-40 องศาเซลเซียส

4) สารพิษ ได้แก่ ปูนขาว, กรด, ยาฆ่าเชื้อนานาชนิด, ยาปฏิชีวนะ และคลอรีนเป็นตัวฆ่าทำลายจุลินทรีย์ได้

5) แสงแดดและความชื้น

6) ธาตุอาหารต่างๆ

2.7 ประโยชน์ในการใช้จุลินทรีย์เสริมการจัดการคุณภาพน้ำ

1) ช่วยย่อยสลายสิ่งขับถ่าย และเศษอาหารเหลือที่สะสมในน้ำและก้นบ่อ ทำให้ปริมาณของเสียเหล่านี้มีน้อยลง ทำให้สภาพน้ำดี ไม่เกิดโรคระบาดในบ่อได้ง่าย

2) รักษาสภาพน้ำให้คงที่ สามารถควบคุมชนิดแพลงก์ตอนสีเขียวให้อยู่ได้ยาวนาน การที่บ่อมีแพลงก์ตอนคงที่จะทำให้คุณภาพทางเคมีของน้ำดีด้วย

3) จุลินทรีย์บางชนิดควบคุมการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งจะทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคระบาดในบ่อกุ้งได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในบ่อเลี้ยงกุ้งหรือที่ไหนๆ ในธรรมชาติเราจะพบจุลินทรีย์ทั้งที่ไม่ก่อให้เกิดโรค และก่อให้เกิดโรค จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคมีหลายชนิดเช่น เชื้อรา *Fusarium sp.* ทำให้เกิดโรคเหงือกดำ เชื้อไวรัส ทำให้เกิดโรคตัวแดงดวงขาว โรคหัวเหลือง แต่โดยส่วนใหญ่แล้วเราจะพบเชื้อแบคทีเรียเป็นส่วนมาก โดยเฉพาะพวกแบคทีเรียแกรมลบเช่น วิบริโอ มักจะเป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคและเจริญได้ดีในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน การใช้ยาปฏิชีวนะ หรือยาต้านจุลชีพในการป้องกันหรือรักษาการติดเชื้อสามารถกระทำได้ แต่ต้องควบคู่ไปกับการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมด้วย เนื่องจากแบคทีเรียจะถูกกำจัดไปในช่วงที่ยาออกฤทธิ์ เมื่อยาหมดฤทธิ์แบคทีเรียจะกลับมาเจริญขึ้นใหม่หากสภาพแวดล้อมยังไม่ดีพอ เช่น ยังมีของเสียสะสม หรือคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไป ควรป้องกันโดยการทำให้กุ้งแข็งแรงอยู่เสมอ เชื้อโรคจะทำอันตรายไม่ได้โดยการรักษาสภาพแวดล้อมที่กุ้งอาศัยอยู่ จุดที่ต้องให้ความสำคัญที่สุดก็คือ พื้นบ่อ ต้องสะอาด มีออกซิเจนลงไปเลี้ยงอย่างเพียงพอต่อการหายใจของกุ้งและจุลินทรีย์ก็จะทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างสมบูรณ์

2.8 การเลือกซื้อจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดมีมากมาย ทั้งที่อยู่ในรูปแบบแห้ง และน้ำ ทั้งหมดนี้จะเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในรูปที่ฟักการเจริญเติบโต (ในรูปสปอร์ ซีสท์ หรือเคลยไมเซล) การซื้อต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ คือ

1) ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติคือ

-ชนิดจุลินทรีย์

-ช่วงอายุที่เจริญเติบโตแพร่พันธุ์ได้ในบ่อ

-วันที่ผลิตและหมดอายุ

-วิธีการเก็บรักษา

-สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

-วิธีการใช้ที่ชัดเจน

2) ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ แม้ว่าอายุจุลินทรีย์นี้จะเก็บไว้ได้นานๆ แต่การได้ใช้จุลินทรีย์ใหม่ๆจะดีกว่า

3) ต้องบรรจุในภาชนะที่มีสภาพเรียบร้อย ไม่ถูกแสง ภาชนะบรรจุไม่บุบหรือแตก

4) มีราคาที่เหมาะสม คำนวณแล้วค่าจุลินทรีย์ไม่ควรเกิน 5-10 % ของต้นทุนการผลิต

5) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะแสดงว่ามีผู้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงมีจำหน่ายอยู่ตลอด โอกาสจะได้ใช้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆก็มีมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.9 คุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สิ่งแวดล้อมภายในบ่อซึ่งรวมถึงน้ำและตะกอนพื้นบ่อ (sediment) มีส่วนสำคัญอย่างมาก (Funge-Smith และ Briggs, 1998) ซึ่งพบว่า การหมุนเวียนของธาตุอาหารและความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำจะมีผลมาจากสิ่งมีชีวิตต่างๆบริเวณตะกอนดิน (Bratvold และ Browdy, 2001) อีกทั้งปัจจัยทางนิเวศน์วิทยาและสิ่งแวดล้อมจะส่งผลต่อปัญหาการเกิดโรคในฟาร์มกุ้งได้ด้วย (Kautsky และคณะ, 2000) ดังนั้นคุณภาพน้ำและตะกอนดินเป็นส่วนสำคัญที่จะต้องได้รับการตรวจติดตามและจัดการให้เหมาะสมต่อการอยู่รอดและการเจริญของสัตว์น้ำ ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณผลผลิตภายในฟาร์ม จันทสิงห์ ดวงบ้านเซ่า (2545) ได้รวบรวมปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ควรตรวจวัดและวิเคราะห์ ได้แก่

พีเอชของน้ำ (pH)

การเปลี่ยนแปลงพีเอชเกิดจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืชและการหายใจของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ซึ่งมีผลจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพบว่าพีเอชของน้ำในรอบวันจะสูงสุดในช่วงบ่ายและต่ำสุดในช่วงเช้า ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำควรมีค่าพีเอชของน้ำอยู่ในช่วง 7.5-8.5 (พรเลิศ จันทร์รัชชกูล, เจ เอฟ เทอร์นบอล และชลอ ลิ้มสุวรรณ, 2537) หากพีเอชมีค่าต่ำกว่า 4 หรือสูงกว่า 10 อาจทำให้กุ้งตายได้ (Boyd และ Fast, 1992) ซึ่งผลของพีเอชนั้นมักจะมาจากความเป็นพิษของสาร (substances) ตัวอื่น เช่น แอมโมเนีย และไนไตรท์ (Parker, 1995)

อุณหภูมิของน้ำ (Water temperature)

อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Barnabé, 1994) เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการกินอาหาร (feed) ระบบการสืบพันธุ์(reproduction) ระบบภูมิคุ้มกัน (immunity) และกระบวนการเผาผลาญพลังงาน (metabolism) ของสัตว์ และยังก่อให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารและออกซิเจนในแนวดิ่งของแหล่งน้ำได้ อีกทั้งยังมีผลต่อปริมาณของแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ในน้ำด้วย (Parker, 1995) ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอุณหภูมิของน้ำควรอยู่ในช่วง 27-33 ^{o}ซ. (Lester และ Pante, 1992) เนื่องจากกุ้งเป็นสัตว์เลือดเย็น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้าๆจะไม่มีผลต่อการดำรงชีวิตของกุ้ง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำมากเกินไปอาจทำให้กุ้งตายได้ (วัลลภ คงเพิ่มพูน, 2534)

การนำไฟฟ้า (Conductivity)

การนำไฟฟ้าของน้ำ หมายถึง ความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า (Boyd, 1979) ตัวการที่เป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้าในน้ำ คือ อิออน (Ion) ของสารประกอบอนินทรีย์ต่างๆ เช่น กรดอนินทรีย์ ด่างและเกลือ สารเหล่านี้เมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวให้อิออนได้ ดังนั้น การนำไฟฟ้าของน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณความหนาแน่นของสารประกอบอนินทรีย์ ซึ่งสารสำคัญที่ละลายอยู่ในน้ำ ได้แก่ แคลเซี่ยม (Ca^{2+}) โซเดียม (Na^{+}) โปแตสเซียม (K^{+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) หรือรูปสารประกอบ เช่น คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ออโธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และไนเตรท (NO_3^{-}) เป็นต้น (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2540) ในน้ำธรรมชาติปกติจะมีค่าการนำไฟฟ้า 20-1,500 μmhos cm^{-1} (Boyd, 1979)

ความเค็ม (Salinity)

ความเค็มของน้ำจะมีผลต่อขบวนการแพร่ผ่าน (Osmoregulation) และการแลกเปลี่ยน อิออน (Ion transport) (Lester และ Pante, 1992) สัตว์น้ำแต่ละชนิดจะมีความทนต่อความเค็ม ได้ต่างกัน ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงต้องพิจารณาถึงความเค็มของน้ำเป็นสิ่งสำคัญ(Barnabé, 1994) ซึ่งกุ้งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีความเค็มอยู่ในช่วง 15-30 ส่วนในพันส่วน (Wickins, 1982 อ้างถึงใน Lee และ Wickins, 1992) แต่กุ้งก็สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ เช่น กุ้งที่เลี้ยงในพื้นที่น้ำจืดสามารถเจริญได้ที่ความเค็มต่ำกว่า 5 ส่วนในพันส่วน ในน้ำที่มีความเค็มสูงกว่า 45-60 ส่วนในพันส่วน สามารถทำให้กุ้งตายได้ (Boyd และ Fast, 1992)

ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในรอบวันมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดจากขบวนการสังเคราะห์แสงโดยสาหร่ายและขบวนการหายใจ รวมทั้งการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน (Boyd, 1979) ในแหล่งน้ำจะพบว่ามีปริมาณออกซิเจนสูงสุดในช่วงบ่ายและต่ำสุดในช่วงเช้า ซึ่งในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรรักษาปริมาณออกซิเจนในน้ำให้มีไม่ต่ำกว่า 4 mg L^{-1} จึงจะไม่ทำให้สัตว์น้ำเกิดความเครียด (Parker, 1995) ปริมาณออกซิเจนในช่วงระหว่าง 3.5 mg L^{-1} จนถึงจุดอิ่มตัว กุ้งจะมีอัตรารอดสูงและสามารถเจริญเติบโตได้ดี หากมีค่าอยู่ในช่วง 0-1.5 mg L^{-1} สามารถทำให้กุ้งตายได้ ทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาที่สัมผัส และหากปริมาณออกซิเจนเกินจุดอิ่มตัวก็เป็นอันตรายต่อกุ้งได้เช่นกัน (Boyd และ Fast, 1992)

ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity)

ค่าความเป็นด่างเป็นการวัดปริมาณคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ซึ่งเรียกว่า ค่าความเป็นด่างรวม (Total alkalinity) ที่อยู่ในรูปของสารประกอบ โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) และ แคลเซียมหรือแมกนิเซียมไบคาร์บอเนต (Calcium or Magnesium bicarbonate) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ (buffering) ในน้ำ (Parker, 1995) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะสัมพันธ์กับคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนตและ กรดคาร์บอนิก (Barnabé, 1994) ดังสมการที่ 2.1

$$2H_2O + 2CO_2 \rightleftharpoons 2H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + 2HCO_3^- \rightleftharpoons 2H^+ + 2CO_3^{2-} \qquad (2.1)$$

carbon dioxide — carbonic acid — bicarbonate — carbonate

สำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำควรมีค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 80-100 mgL^{-1} (ชะลอ ลิ้มสุวรรณ, 2543) จะทำให้กุ้งเจริญเติบโตดี ค่าความเป็นด่างในแหล่งน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากปฏิกิริยาหลายชนิด ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.2 ปฏิกิริยาที่มีผลต่อค่าความเป็นด่างของน้ำ (Stumm และ Morgan, 1996)

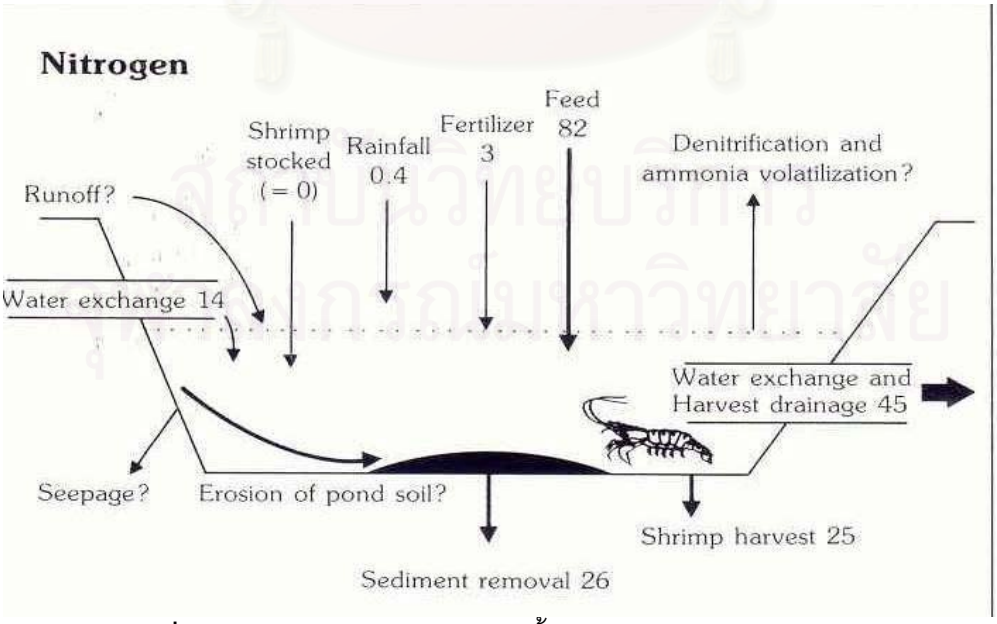
Process	Alkalinity Change for Forward Reaction
Photosynthesis and respiration:	
(1a) $nCO_2 + nH_2O \underset{\text{respir.}}{\overset{\text{photos.}}{\rightleftharpoons}} (CH_2O)_n + nO_2$	No change
(1b) $106CO_2 + 16NO_3^- + HPO_4^{2-} + 122H_2O + 18H^+ \underset{\text{respir.}}{\overset{\text{photos.}}{\rightleftharpoons}} \{C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P_1\}_{\text{algae}} + 138O_2$	Increase
(1c) $106CO_2 + 16NH_4^+ + HPO_4^{2-} + 108H_2O \underset{\text{respir.}}{\overset{\text{photos.}}{\rightleftharpoons}} \{C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P_1\} + 107O_2 + 14H^+$	Decrease
Nitrification:	
(2) $NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow NO_3^- + H_2O + 2H^+$	Decrease
Denitrification:	
(3) $5CH_2O + 4NO_3^- + 4H^+ \longrightarrow 5CO_2 + 2N_2 + 7H_2O$	Increase
Sulfide oxidation:	
(4a) $HS^- + 2O_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + H^+$	Decrease
(4b) $FeS_2(s) + \frac{15}{4}O_2 + 3\frac{1}{2}H_2O \longrightarrow Fe(OH)_3(s) + 4H^+ + 2SO_4^{2-}$ pyrite	Decrease
Sulfate reduction:	
(5) $SO_4^{2-} + 2CH_2O + H^+ \longrightarrow 2CO_2 + HS^- + H_2O$	Increase
$CaCO_3$ dissolution:	
(6) $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO_3^-$	Increase

บีโอดี (Biochemical oxygen demand, BOD)

การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ทั้งในน้ำและดินพื้นบ่อนั้นจำเป็นต้องมีการใช้ออกซิเจน (Barnabé, 1994) ดังนั้นบีโอดีจึงเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งสามารถบอกถึงลักษณะของน้ำว่ามีสารอินทรีย์ปะปนมากน้อยเพียงใด ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำค่าบีโอดีจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ ความขุ่นใส ปริมาณแพลงก์ตอนพืชและปริมาณไนเตรท ซึ่งพบว่าหากอุณหภูมิของน้ำเพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ กิจกรรมด้านชีวะ (biological activity) ในแหล่งน้ำสูงขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้น น้ำมีความขุ่นมากขึ้น ยังผลถึงปริมาณแบคทีเรียซึ่งมีหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงมีผลทำให้ค่าบีโอดีและปริมาณไนเตรทในน้ำสูงขึ้นตามลำดับ (Hudson และ Lester, 1992)

สารประกอบไนโตรเจน

ไนโตรเจน (N_2) มีในบรรยากาศถึง 78% มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตโดยเป็น ส่วนประกอบของโปรตีน ไขมันและสารชีวเคมีต่างๆ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2536; Stickney, 1979) แบคทีเรียบางชนิดและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถตรึงไนโตรเจนให้อยู่ในรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen) ได้ (Hargreaves, 1998; Stumm และ Morgan, 1996)



ภาพที่ 2.2 ปริมาณไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้ง (Lin และ Nash, 1996)

ไนโตรเจนในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะพบอยู่ในรูปแอมโมเนียมากที่สุด ซึ่งเกิดจากการขับถ่ายของกุ้งบริเวณเหงือก อาหารที่เหลือตกค้างและขี้กุ้ง แอมโมเนียในน้ำจะแตกตัวอยู่ในรูปของแอมโมเนียอิออน หรือแอมโมเนียม (Ionized ammonia, NH_4^+) และ แอมโมเนียอิสระ (Unionized ammonia, NH_3) โดยสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์การแตกตัว (Ionization) จะขึ้นอยู่กับพีเอชและอุณหภูมิของน้ำ (Parker, 1995) ดังสมการที่ 2.2

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^- \qquad (2.2)$$

การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียในรอบวันเกิดจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) และ การหายใจ (Respiration) ซึ่งจะมีผลต่อพีเอชของน้ำ ปริมาณของแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ในแหล่งน้ำจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับพีเอชของน้ำ Hargreaves (1998) รายงานว่า จะมีแอมโมเนียในรูปของแอมโมเนียอิสระ (NH_3) 50% ที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 9.3, 10% ที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 8.3 และ 1% ที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 7.3

แอมโมเนียสามารถสะสมอยู่ในสัตว์น้ำได้ แต่หากมีปริมาณมากจะส่งผลเสียต่อสัตว์น้ำ โดยจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งสามารถทำให้สัตว์น้ำตายได้หาก แอมโมเนียอิสระ (NH_3) ในสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นจะส่งผลให้การขับถ่ายแอมโมเนียในเลือดปลาลดลง (Hargreaves และ Kucuk, 2001)

สารประกอบไนโตรเจนในแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา อาจมีการสูญหายไปจากระบบโดยการระเหยในรูปของก๊าซไนโตรเจน (N_2) หรือ แอมโมเนีย (Funge-Smith และ Briggs, 1998) แพลงค์ตอนพืชดึงไปใช้และการเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์และไนเตรท โดยผ่านขบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรีย 2 กลุ่ม ได้แก่ *Nitrosomonas* และ *Nitrobacter* ซึ่งจะออกซิไดซ์แอมโมเนียไปอยู่ในรูปของไนไตรท์และไนเตรท ตามลำดับ (Hargreaves, 1998) ดังสมการที่ 2.3 และ 2.4

$$NH_4^+ + 1\,½\,O_2 \longrightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O \qquad (2.3)$$

และ

$$NO_2^- + ½\,O_2 \longrightarrow NO_3^- \qquad (2.4)$$

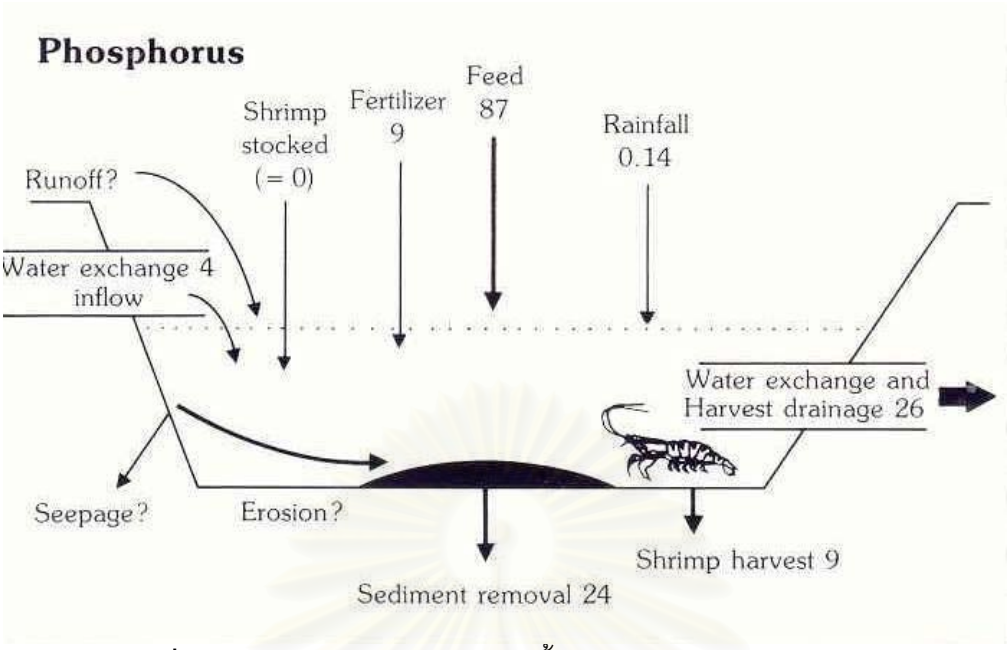
ไนไตรท์ที่เกิดจากขบวนการไนตริฟิเคชั่นของแอมโมเนียโดยแบคทีเรียกลุ่ม *Nitrosomonas* จัดเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ(Potentially-toxic nitrogenous compound) หากสะสมในปริมาณมาก โดยไนไตรท์จะไปจับกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเลือดของสัตว์น้ำและเปลี่ยนเป็นเมทิโมโกลบิน (Methemoglobin) ซึ่งไม่สามารถจับกับออกซิเจนได้ (Hargreaves, 1998) ทำให้เลือดมีสีชาแก่หรือเข้ม (Chocolate brown color) และสัตว์น้ำจะตายในที่สุด เรียกโรคนี้ว่า brown blood disease หรือ Methemoglobinemia (Parker, 1995) ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำควรมีปริมาณไนไตรท์ไม่เกิน 10 mg L^{-1}

ไนเตรทจะเป็นสารประกอบไนโตรเจนขั้นสุดท้ายของขบวนการไนตริฟิเคชั่น ของไนไตรท์โดยแบคทีเรียกลุ่ม *Nitrobacter* ซึ่งจะไม่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรง พืชสามารถนำสารประกอบไนโตรเจนไปใช้ในรูปของไนเตรทและปล่อยแอมโมเนียออกมาโดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyzed) ดังสมการที่ 2.5

$$NO_3^- + H_3O^+ \longrightarrow NH_3 + 2O_2 \qquad (2.5)$$

ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จะอยู่ในรูปของออโธฟอสเฟต (Orthophosphate, PO_4^{3-}) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและถือว่าเป็นปัจจัยจำกัดของพืชและสาหร่าย (Heath และคณะ, 1980) ออโธฟอสเฟตในแหล่งน้ำมาจากปุ๋ย อาหารสัตว์น้ำและของเสียจากสัตว์น้ำที่ละลายอยู่ (Wiesmann และคณะ, 1988) ซึ่งพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสถึง 51% จากอาหารในบ่อเลี้ยงกุ้ง (Funge-Smith และ Briggs, 1998) โดยฟอสฟอรัสอาจจะมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.01- มากกว่า 200 mg L^{-1} (Wetzel, 1975) ซึ่งหากมีในแหล่งน้ำในปริมาณสูง จะมีผลทำให้ผู้ผลิตเบื้องต้น (Primary producers) เจริญอย่างรวดเร็ว (Stickney, 1979) ก่อให้เกิดผลต่อคุณภาพน้ำ ได้แก่ พีเอช แอมโมเนียและไนไตรท์ เป็นต้น



ภาพที่ 2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงกุ้ง (Lin และ Nash, 1996)

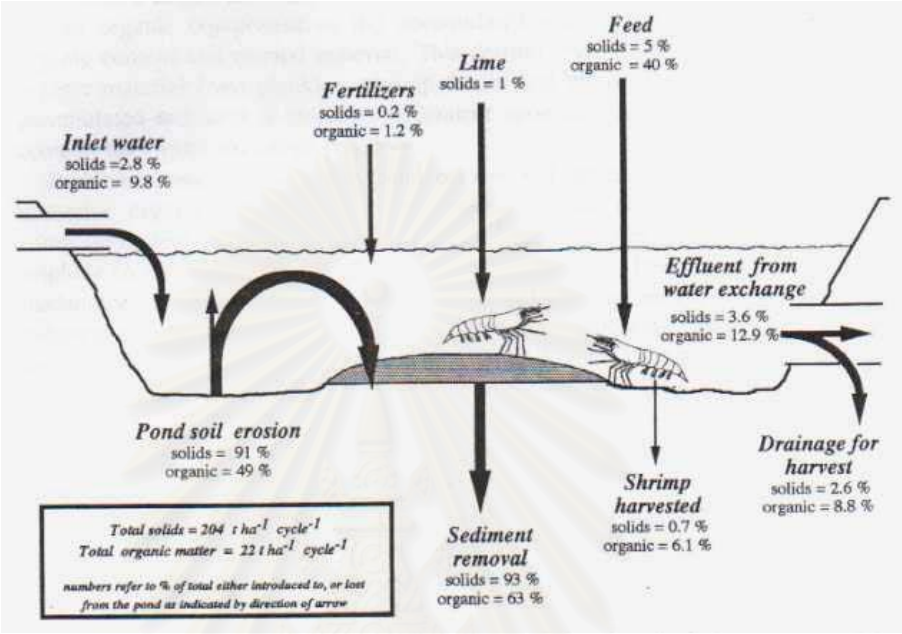
การสะสมของตะกอนพื้นบ่อ

ในระบบการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่น ตะกอนและสิ่งต่างๆที่อยู่บริเวณผิวดินจะมีผลในเชิงบวกและลบต่อผลผลิตของกุ้ง (Bratvold และ Browdy, 2001) ซึ่งตะกอนพื้นบ่อประกอบด้วยของแข็ง (Solid) และสารอินทรีย์ (Organic matter) สาเหตุเกิดจากการพังทลายของดินบริเวณคันบ่อ ซึ่งพบว่ามีของแข็งอยู่ 88-93% และปริมาณสารอินทรีย์ 40-60% อาหารสัตว์น้ำจะพบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์อยู่ 31-50% (Funge-Smith และ Briggs, 1998) รวมทั้งของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ (Fecal solid) และแพลงก์ตอนพืชที่ตาย (Hargreaves, 1998) ตะกอนเหล่านี้จะสะสมอยู่ที่พื้นบ่อในรูปของเลน (sludge) (Briggs และ Funge-Smith, 1994)

Schroeder และคณะ (1991) รายงานว่า มี 50%ของสาหร่าย (Algal) (ประมาณ 10 กรัมน้ำหนักแห้ง /ตารางเมตร/วัน) ตกลงสู่พื้นบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำในแต่ละวัน และพบว่าในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนาจะมีแพลงก์ตอนพืชประมาณ 48-66% ตกลงสู่พื้นบ่อ (Lorenzen และคณะ, 1997) ในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นจะพบว่ามีอัตราการตกตะกอนของสารอินทรีย์มากถึง 800 กรัมน้ำหนักแห้ง /ตารางเมตร/วัน (Wyban และ Sweeney, 1989)

การสะสมของตะกอนพื้นบ่อจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและปริมาณผลผลิตของกุ้งกุลาดำ ซึ่งพบว่าบริเวณพื้นบ่อจะมีการปลดปล่อยแอมโมเนีย สารประกอบอินทรีย์ซัลไฟด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Avnimelech, 1996; Lin, 1989) Hargreaves (1997) รายงานว่า

แอมโมเนียประมาณ 25-33% ถูกปลดปล่อยออกมาจากตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงปลา และตะกอนพื้นบ่อยังส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งพบว่าหากออกซิเจนในน้ำลดลง สัตว์น้ำจะเกิดอาการเครียดหรืออาจตายได้ (Madenjian และคณะ, 1987)



ภาพที่ 2.4 แหล่งที่มาของของแข็งและสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นในประเทศไทย (Funge-Smith และ Briggs, 1998)

การลดปัญหาการสะสมของตะกอนพื้นบ่อ ทำได้โดย การควบคุมปริมาณอาหารให้เพียงพอต่อการบริโภคของสัตว์น้ำ หรือการใช้ใบพัดตีน้ำเพื่อให้มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อ การย่อยสลายของแบคทีเรีย อีกทั้งยังสามารถช่วยทำให้ตะกอนแขวนลอยอยู่ในน้ำได้

Hopkins, Paul และ Browdy (1994) ศึกษาการจัดการตะกอนในการเลี้ยงกุ้งทะเลแบบหนาแน่นและไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 3 ระบบคือ Remain, Remove และ Resuspend พบว่ากุ้งมีอัตรารอดสูงสุดจากการเลี้ยงด้วยระบบ Resuspend เท่ากับ 54.1% โดยมีผลผลิต 3,474 kg ha^{-1} แต่ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 148 วัน ระบบ Remove มีคุณภาพน้ำ (DO, BOD, TAN, Nitrite, Nitrate และ Orthophosphate) เฉลี่ยดีกว่าทุกระบบคือ 5.0, 17.9, 1.5, 1.1, 8.4 และ 0.7 mg L^{-1} ตามลำดับ และสามารถลดสารประกอบไนโตรเจนได้ถึง 67% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ที่เข้าสู่ระบบ

2.10 ปัญหาของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ที่ขายตามท้องตลาด

วิชัย ลาภจตุพร (2545) จุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่มคือกลุ่มที่ใช้บำบัดน้ำ และกลุ่มที่ใช้ผสมอาหารให้กุ้งกินจะมีความแตกต่างกันอย่างมากถึงแม้บางครั้งจุลินทรีย์จะมีชื่อ (Genus) เหมือนกันแต่จะมีนามสกุล (specie) รวมถึง รายละเอียดที่ย่อยลงไปอีก (strain) แตกต่างกัน ให้ผลในการใช้แตกต่างกัน จุดประสงค์และวิธี การใช้แตกต่างกัน ในสากลจุลินทรีย์ที่ให้สัตว์กิน จะแยกส่วนออกมาและใช้คำว่า Direct Fed Microbial (D.F.M) ส่วนคำว่าโปรไบโอติกโดยทั่วไปถือว่าเป็น สรรพคุณไม่ใช่ตัวสาร ทั้งจุลินทรีย์ที่ใส่น้ำ และกินให้สรรพคุณที่เป็น โปรไบโอติกเอฟเฟค ได้ (Probiotic effect) คือการมีชีวิตและเพิ่มจำนวน รวมถึงเจริญขึ้นมาข่ม จุลินทรีย์ที่เป็นโทษ (Competitive Exclusion) และสร้างสารที่มีประโยชน์ เช่นสารปฏิชีวนะ เอ็นไซม์ กรดอ่อน (กรดแลคติก)เป็นต้น

การใช้จุลินทรีย์มีโอกาสเป็นโทษและทำให้เกิดโทษน้อยกว่าการใช้ยาและสารเคมี แต่ถ้าการผลิตและใช้ไม่ดีจะเกิดโทษได้ เช่น ขาดออกซิเจนและสีน้ำล่ม ยังมีข้อควรระวัง และคำนึงถึงโทษร้ายแรงของจุลินทรีย์อีกประการ ที่มักถูกมองข้าม การผลิตและนำเข้าจุลินทรีย์ ต่างถิ่นจากที่หนึ่งไปใช้ในอีกที่หนึ่งถ้าขาดการตรวจสอบ ระมัดระวังที่ดี ถึงแม้ว่าจุลินทรีย์ตัวนี้ จะเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ แต่ว่าอาจจะ เกิดการเจริญรวดเร็วและแพร่กระจาย ได้ดีจนไปข่ม จุลินทรีย์ท้องถิ่น แล้วเกิดปัญหาตามมา เช่นผักตบชวาและ หอยเชอรี่ ครั้งแรกนำเข้ามาจากต่างประเทศ เพื่อเป็นพืชและสัตว์เลี้ยงสวยงามซึ่งทั้งสองชนิด นี้ไม่ได้เป็นพืชและสัตว์ท้องถิ่นของไทย เมื่อหลุดเข้าไปในธรรมชาติของไทยสองสิ่งนี้สามารถ เจริญได้ดี รวดเร็วจนไปข่มพืชและสัตว์ ประจำถิ่นของไทยจนเกิดปัญหาตามมามากมาย และถึงแม้ว่าจะเป็นจุลินทรีย์ในไทยเอง การย้ายจุลินทรีย์ จากถิ่นหนึ่งธรรมชาติหนึ่ง ไปยังอีกที่หนึ่งก็ต้องทำด้วยความระมัดระวัง

ถ้าต้องการค่าคุณภาพทางชีวภาพหรือได้ระบบชีวภาพที่ดีในบ่อ ต้องรู้จัก ปกป้อง รักษา พร้อมทั้งทะนุบำรุงสิ่งมีชีวิตเล็กๆที่อยู่ในน้ำ ในบ่อ ให้อยู่กับเรา ต้องเริ่มจากการหลีกเลี่ยงการทำลายสิ่งเหล่านี้โดย ไม่จำเป็น ได้แก่หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีบางชนิด หันไปใช้วิธี ทางกายภาพ เช่น พักน้ำ กรองน้ำร่วมกับยาฆ่าเชื้อที่ไม่ทำลายหมดบางชนิด การคราดและไถพรวน แล้วเริ่มทะนุบำรุงโดยการปรับสภาพทางเคมี ของน้ำให้เหมาะสม เพื่อสิ่งมีชีวิต ที่ดีและมีประโยชน์เหล่านั้นสามารถเจริญเติบโตอยู่ในบ่อ ของเราโดยการใช้สารเคมี เช่น ปุ๋ย ปูน และอาหาร จุลินทรีย์ เป็นต้น การพัฒนาระบบชีวภาพต้องเริ่มจากกายภาพ และเคมีแล้วชีวภาพจะตามมาเอง ไม่ใช่สารชีวภาพจุลินทรีย์ แล้วจะเกิดระบบชีวภาพ

โดยสรุป วิธีทางกายภาพจะประหยัด ปลอดภัย แต่ใช้ แรงงานเยอะ วิธีทางเคมีจะได้ผลแน่นอน รวดเร็วแต่เสี่ยงกว่า วิธีทางชีวภาพจะยาก ซับซ้อนช้าและผลไม่แน่นอน เราต้องใช้ทั้งสามวิธีการอย่างเหมาะสม การใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพอย่างขาดความ เข้าใจนอก จากมีผลเสียอาจไปทำลายระบบชีวภาพ ในบ่อได้เช่นกัน เช่น ถ้าเราเอาจุลินทรีย์ที่มีแต่บาซิลลัสใส่ลงไปมาก จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะทำหน้าที่ หลักในการเปลี่ยนขี้กุ้งและเศษอาหารให้เป็น สารละลายออร์แกนิคในน้ำ (บีโอดี, BOD) ถ้าเมื่อไรค่าบีโอดีในบ่อสูงเกินกว่า 20 จะเกิดการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดไนตริฟิเคชั่น (การเปลี่ยนของเสียแอมโมเนียและไนไตรท์) ทำให้เกิดการสะสมและคั่งค้างของแอมโมเนียและ ไนไตรท์ในน้ำ ขาดออกซิเจนในน้ำ และจะเกิดปฏิกิริยา ดีไนตริฟิเคชั่นย้อนกลับได้ง่าย กล่าวคือ การใส่บาซิลลัส (สารชีวภาพ) ที่มากไป จะทำลายสมดุลของจุลินทรีย์และระบบชีวภาพเป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

3.1 จุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย

การคัดเลือกผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปในท้องตลาดรวบรวมได้ 37 ผลิตภัณฑ์ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ที่จำหน่ายในตลาด (สำรวจข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2545)

ลำดับที่	ชื่อผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์	ชนิด	ส่วนประกอบ	ผู้แทนจำหน่าย
1.	POWER PACK	น้ำ (20 ลิตร) ผง	-	บจก. แอ๊ดว๊านซ์ฟาร์ม่า 0-2675-9425-9
2.	APS11	น้ำ (1,000 cc.)	-	บจก. ออลเวท 0-2880-7611-4
3.	ซูแลค	น้ำ (1,000 cc.)	-	บจก. เฟซอะโกร 0-2656-8710-54
4.	จุลินทรีย์ไทยไซโมจีนัส	เม็ด (10 ก.ก.)	-	บจก.ไซโมจีนัส 0-2509-3762
5.	จุลินทรีย์ทะเลไทย	เม็ด (10 ก.ก.)	-	บจก.ไซโมจีนัส 0-2509-3762
6.	แอล ที ซี บาซิลลัส		บาซิลลัส	บจก. แหลมทองอะควอเทค 0-2252-3777, 0-2255-0255 ต่อ 913,914

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับที่	ชื่อผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์	ชนิด	ส่วนประกอบ	ผู้แทนจำหน่าย
7.	MBAC		-	บจก. โมเดอร์นเอ็นไวรอนเม็นตัล 0-2738-8161-3
8.	GT-1000	น้ำ	-	จุลินทรีย์อานุภาพ 0-2991-0014, 0-1645-0921
9.	เอ โค มารีน	เม็ด (16 เม็ดต่อกระป๋อง)	-	บจก. BI-O SOLUTION 0-2638-5453
10.	พีเอชฟิกเซอร์	ผง (2 ก.ก.)	บาซิลลัส	บจก. นาซ่าแลป 0-2880-7611-4
11.	ออลแบคไซม์		-	บจก. ออลเวท 0-2880-7611
12.	ซูเปอร์บาซิลลัส		Bacillus subtilis *Bacillus polymyxa* *Bacillus licheniformis*	บจก. แอลพีฟิดส์เทค 0-2321-2266, 0-2321-8798
13.	จุลิทรีย์น้ำ พีซี	น้ำ	-	พรชัยเกษตร 1 ชีวภาพ PC 0-3888-6325-6, 0-1663-0302
14.	กรีนเกรท	น้ำ (10 ลิตร)	-	บจก. 3ส.สิ่งแวดล้อม 0-2541-5821

ลำดับที่	ชื่อผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์	ชนิด	ส่วนประกอบ	ผู้แทนจำหน่าย
15.	ซัวร์แมกซ์	น้ำ (10 ลิตร)	-	หจก. แอล เจ อินเตอร์กรุ๊ป 0-2543-0839
16.	จุลินทรีย์ ดร.นิรันดร์	ผง	-	ดร.นิรันดร์ สิงหบุตรา 0-2589-6075, 0-2580-9241
17.	บลู-บาซิลลัส	ผง (500g)	-	บจก. อควาติกซายซ์ฟาร์ม่า 0-2932-7520-2
18.	ร็อกเก็ต	ผง	-	บจก. เอฟอี ซิลลิค (กรุงเทพ) 0-2656-8710-54
19.	ไบโอคลีน		-	บจก. ทีซียูเนี่ยนฟู๊ดส 0-2210-0376-80
20.	เอ็นวิ-แบค	ผง (1 ก.ก.)	*Bacillus spp.* *Lactobacillus spp.* *Saccharomyces spp.* *Sterptococcus spp.*	บจก. เค เอ็ม พี ไบโอเทค 0-2316-4370-5
21.	ไบโอซริม	น้ำ	-	บจก. วสุรัตน์ แอนด์ แอสโซซิเอท
22.	โคฟรอส	ผง	-	บจก. วสุรัตน์ แอนด์ แอสโซซิเอท

ลำดับที่	ชื่อผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์	ชนิด	ส่วนประกอบ	ผู้แทนจำหน่าย
23.	ไอดอร์	ผง	-	บจก. วสุรัตน์ แอนด์ แอสโซซิเอท
24.	แบค ซายม์	ผง	-	บจก. บางกอก เวท แลป (บีแลป)
25.	เบสท์333	ผง	-	บจก. ไบโอฟีด (ประเทศไทย)
26.	ไบโอ-2	ผง	-	บจก. ไบโอฟีด (ประเทศไทย)
27.	เพ็คดิโอ2	ผง	-	บจก. ไบโอฟีด (ประเทศไทย)
28.	บล็อก	น้ำ	-	บจก. ฟุกเทียนเนเจอรัลเฮิร์บ
29.	อีเอ็ม500	น้ำ	-	บ.มั่นคง อินเตอร์ฟีด
30.	โปรเทค	ผง	-	บจก. แอล.พี.ฟิลล์เทค (ประเทศไทย)
31.	BIO-GREAT	น้ำ	*Bacillus polymixa* *Bacillus megaterium* *Bacillus subtillis* *Bacillus lecheniformis* *Nitrobactor sp.* *Nitrosomonas sp.* *Preudomonas sp.* *Streptococcus sp.*	บจก.เอิร์ธไลฟ์ 0-1350-4239 0-1335-3271 0-3428-8845

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับที่	ชื่อผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์	ชนิด	ส่วนประกอบ	ผู้แทนจำหน่าย
32.	ไมครอน	ผง	-	บ.ไมครอน อะโกรเทค (ประเทศไทย) จก. 0-2985-2917-8
33.	บาซิลัส กำลัง 9	ผง	Bacillus polymixa *Bacillus megaterium* *Bacillus subtillis* *Bacillus lecheniformis* .	บ.ยูนิตี้ เทคโนโปรดักซ์ จก. 0-2583-1070
34.	บี เอส วัน (BS-1)	ผง	-	บ.เอเซี่ยนอควาคัลเจอร์ จก. 0-2961-5021-3
35.	บาซิลัส ซับติลิส สุรียาโน	ผง (1 กก.)	-	ชมรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร 0-2579-7693
36.	สตาร์แบค เอ-แบค	ผง	-	แลปอินเตอร์ 0-2880-7620-7
37.	D-EN	ผง (500 g)	-	บ.อิมเพรสเทคโนโลยี จก. 0-2513-7066

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คัดเลือกจุลินทรีย์ 4 ผลิตภัณฑ์ มาทำการศึกษาข้อมูลตามฉลาก รายละเอียดผลิตภัณฑ์ คุณลักษณะ รูปแบบการเก็บเช่น แบบเป็นของเหลว หรือแบบเป็นผง ศึกษาวิธีการใช้ ตรวจสอบราคา

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

1. เตรียมน้ำเข้าบ่อเลี้ยงกุ้งขนาด 1 ไร่ 6 บ่อ ซึ่งจะเป็นบ่อ ควบคุม 2 บ่อ บ่อพักน้ำ 2 บ่อ และบ่อเลี้ยงด้วยจุลินทรีย์อีก 2 บ่อ เป็นน้ำทะเลธรรมชาติ ความเค็มที่ 30 ppt ความลึกน้ำประมาณ 1.2 เมตร
2. ฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน 1 ถังต่อไร่
3. ปล่อยกุ้งกุลาดำระยะ postlarvae 20 (PL20) จากศูนย์ประมงสมุทรสงคราม 50,000 ตัว
4. ให้อากาศด้วยเครื่องตีน้ำแบบใบพัดและสายท่ออากาศที่พื้นบ่อ
5. ทำการเลี้ยงกุ้งโดยใช้ระบบการเลี้ยงแบบปิด (Closed System)
6. ให้อาหาร 4 เวลาต่อวัน

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1.บ่อควบคุม (Control) คือบ่อที่ไม่เติมจุลินทรีย์ควบคุมคุณภาพน้ำ

2.บ่อเติมจุลินทรีย์ คือเติมจุลินทรีย์ควบคุมคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยควบคุมปริมาณการใส่ตามฉลากของจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

ตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดิน รวมทั้งอัตราการเติบโตและอัตรารอดของกุ้งกุลาดำ ทำการเลี้ยง 2 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ตรวจวัดคุณภาพน้ำ pH Alkalinity ความเค็ม และ DO ทุกวัน ส่วนค่าอื่น ๆ ทำการตรวจวัดทุก ๆ 3 วัน โดยทำการศึกษา ดังนี้

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา เครื่องมือและวิธีการทดลอง

พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด	เครื่องมือ : รุ่น / วิธีวิเคราะห์
พีเอช ของน้ำ(pH)	pH-meter YSI model 63
อุณหภูมิน้ำ (Water temperature)	DO-meter YSI model 52
ความเค็ม (Salinity)	SCT-meter YSI model 63
ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)	DO-meter YSI model 52
ค่าความเป็นด่างรวม (Total Alkalinity)	Titration Method (APHA, 1992)
ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมด (Total Ammonia)	Standard Method (Parsons, 1984)
ปริมาณไนไตรท์ (Nitrite)	Colorimetric Method (Parsons, 1984)
ปริมาณไนเตรท (Nitrate)	Cadmium Reduction Method (APHA, 1992)
ปริมาณออโธฟอสเฟต (Orthophosphate)	Ascorbic Acid Method (Parsons, 1984)

3.4 วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ค่าความเป็นด่างรวม (Total Alkalinity)

วิธีวิเคราะห์

1.เตรียมน้ำตัวอย่างให้มีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง ปริมาตร 100 มล. ลงในขวดรูปชมพู่

2.เติมสารละลาย phenolphthalein indicator (ภาคผนวก ก ข้อ 1.5) 4 หยด ถ้าสารละลายมีสีชมพูให้ไตเตรตด้วย 0.02 N H_2SO_4 หรือ HCl (ภาคผนวก ก ข้อ 1.3) การไตเตรตค่อยๆรินกรดครั้งละประมาณ 0.2 มล. เขย่าสารละลายให้ผสมกันและเติมกรดครั้งต่อไปจนสีชมพูหมดไป ถ้าสารละลายไม่มีสีชมพูหรือเมื่อไตเตรตจนสีชมพูหมดไปให้ดำเนินการตามข้อ 3

3.เติมสารละลาย methyl orange (ภาคผนวก ก ข้อ 1.4) 2 หยด ลงในสารละลายที่ได้จากข้อ 2 ไตเตรตด้วยกรดจนได้สารละลายสี faint orange (หรือ reddish orange)

4.บันทึกปริมาตร (มล.) ของกรดที่ใช้ในข้อ 2 และ 3 นำมาคำนวณหาความเป็นด่างดังสมการที่ 3.1 - 3.3

$$\text{Pre Alkalinity (as mg } CaCO_3\ L^{-1}) = \frac{AxNx50{,}000}{\text{มล.ของน้ำตัวอย่าง}} \quad (3.1)$$

$$\text{Alkalinity (as mg } CaCO_3\ L^{-1}) = \frac{BxNx50{,}000}{\text{มล.ของน้ำตัวอย่าง}} \quad (3.2)$$

เมื่อ

A = มล.ของกรดซึ่งไตเตรตน้ำตัวอย่างถึง pH 8.3 (ตามข้อ 2)

B = มล.ของกรดซึ่งไตเตรตน้ำตัวอย่างถึง pH 4.5 (ตามข้อ 3)

N = normality ของกรด

ค่าความเป็นด่างทั้งหมด = Pre Alkalinity + Alkalinity (3.3)

ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมด (Total Ammonia)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. นำน้ำตัวอย่าง 50 มล. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ใช้น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย (ภาคผนวก ก ข้อ 2.1) หรือน้ำ de-ionized เป็นแบลงค์

2. เติมสารละลายฟีนอล (ภาคผนวก ก ข้อ 2.2) 2 มล. เขย่าผสมให้เข้ากัน

3. เติมสารละลายโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ (ภาคผนวก ก ข้อ 2.3) 2 มล. เขย่าผสม ให้เข้ากัน

4. เติมสารละลายออกซิไดซ์ซิง (ภาคผนวก ก ข้อ 2.6) 5 มล. เขย่าผสมให้เข้ากัน

5. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (20-27 °ซ) เป็นเวลา 1 ชม. แต่ไม่ควรเกิน 24 ชม. เพื่อให้สารละลายเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ ปิดปลายขวดรูปชมพู่ด้วยกระดาษ aluminium foil เกิดเป็นสารประกอบ indophenol ซึ่งมีสีน้ำเงิน หลังจากนั้นนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงของน้ำตัวอย่าง ที่ลบด้วยค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์ ไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน

ปริมาณไนไตรท์ (Nitrite)

วิธีวิเคราะห์

1. นำน้ำตัวอย่าง 50 มล. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ใช้น้ำกลั่นเป็นแบลงค์

2. เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ (ภาคผนวก ก ข้อ 3.1) 1 มล. เขย่าผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 2 นาที แต่ไม่ควรเกิน 10 นาที

3. เติมสารละลายเอ็นอีดีไดไฮโดรคลอไรด์ (ภาคผนวก ก ข้อ 3.2) 1 มล. เขย่าผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชม. หลังจากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงของน้ำตัวอย่างที่ลบด้วยค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์ ไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน

ปริมาณไนเตรท (Nitrate)

การเตรียม Column สำหรับ reduce ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์

1. ชั่ง Cadmium filings (ภาคผนวก ก ข้อ 4.3) ประมาณ 100 กรัม (ใช้ได้ประมาณ 2 column) ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่มี 2 N HCl (ภาคผนวก ก ข้อ 4.5) ประมาณ 500 มล. ตั้งทิ้งไว้ อย่างน้อย 1 ชม. และใช้แท่งแก้วคนเป็นครั้งคราว

2. รินส่วนที่เป็นของเหลวออก ล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้ง จนกระทั่งแน่ใจว่ากรด ถูกล้างออกไปหมด

3. เติมสารละลายคิวปริกซัลเฟต (ภาคผนวก ก ข้อ 4.4) 500 มล. คนด้วยแท่งแก้วประมาณ 5 นาที หรือคนจนสีฟ้าของสารละลายจางลงหรือหมดไปและเริ่มมีตะกอนของทองแดงล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 10 ครั้ง

4. ใช้คีมคีบใยแก้ว (glass wool) ชิ้นเล็กๆใส่ลงไปใน column เกลี่ยใยแก้วให้อยู่ส่วนล่างของ column เติมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง (ภาคผนวก ก ข้อ 4.2) ให้เต็ม column

5. ตัก cadmium filings จากข้อ 3 ค่อยๆใส่ลงใน column จนหมด ระวังไม่ให้ column อัดตัวแน่นเกินไป ขณะเดียวกันควรไขสารละลายออกช้าๆ เพื่อป้องกันสารละลายล้น column แต่ควรให้สารละลายเต็ม column อยู่เสมอ เพื่อให้ cadmium ถูกอากาศน้อยที่สุด อุดปิดด้านบนของ column ด้วยใยแก้ว ปรับอัตราการไหลประมาณ 100 มล.ต่อ 8-12 นาที

6. เก็บรักษา column โดยเติมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง (ภาคผนวก ก ข้อ 4.2) ให้เต็ม หยุดการไหลของสารละลาย เพื่อพัก column ไว้จนกว่าจะถึงเวลาใช้ครั้งใหม่

วิธีวิเคราะห์

1. เติมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น (ภาคผนวก ก ข้อ 4.1) 2 มล. ในน้ำตัวอย่าง 100 มล. ใช้น้ำกลั่นเป็นแบลงค์ เขย่าผสมให้เข้ากัน

2. เติมสารละลายในข้อ 1 ปริมาตร 5 มล. ลงใน column แล้วปรับให้สารละลาย ใน column ให้อยู่เหนือใยแก้วเล็กน้อย

3. เติมสารละลายข้อ 1 ที่เหลือลงใน column เปิดสารละลายออกจาก column ในอัตรา 100 มล. ต่อ 8-12 นาที โดยเปิดสารละลายออกประมาณ 40 มล. แล้วเก็บสารละลายที่เปิดออกช่วงหลังให้ได้ปริมาตร 50 มล.

4. เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มล. ลงในสารละลายข้อ 3 เขย่าตั้งทิ้งไว้ 2-8 นาที

5. เติมสารละลายเอ็นอีดีไดไฮโดรคลดไรด์ 1 มล. เขย่าตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชม. หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ลบค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์ออกแล้วไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน

ปริมาณออโธฟอสเฟต (Orthophosphate)

วิธีวิเคราะห์

1. นำน้ำตัวอย่างปริมาตร 100 มล. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ใช้น้ำกลั่นเป็นแบลงค์

2. เติมสารผสมรีเอเจนท์ (ภาคผนวก ก ข้อ 5.5) ปริมาตร 10 มล. เขย่าผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชม. หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 885 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ลบค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์ออกแล้ว ไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน

ปริมาณตะกอนดิน

ใช้วิธีดูดตะกอนระหว่างเลี้ยง และ เมื่อจับกุ้ง มาวัดปริมาตรเฉพาะส่วนตะกอน

3.5 อัตราการเติบโตและอัตรารอดของกุ้งกุลาดำ

ทำการศึกษาทุก 7 วัน โดยแต่ละครั้งจะทำการสุ่มชั่งวัดความยาว (ซ.ม.) และน้ำหนัก (กรัม) ของกุ้งกุลาดำ เมื่อเลี้ยงกุ้งครบตามกำหนดจะทำการจับกุ้งขึ้นจากบ่อเพื่อเช็คอัตรารอด (%) ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแต่ละครั้ง ศึกษาอัตรารอด อัตราการเติบโตและผลผลิตของกุ้งกุลาดำ โดยใช้แหที่ทราบขนาดพื้นที่ทอดลงในบ่อ นับจำนวนกุ้งที่จับได้ หาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบจำนวนกุ้งทั้งหมดกับขนาดพื้นที่ของบ่อ ศึกษาอัตราการเติบโต โดยสุ่มตัวอย่างกุ้งกุลาดำ ทุกสัปดาห์ ทำการชั่งวัดน้ำหนักและความยาว ของตัวกุ้งกุลาดำ ศึกษาต้นทุนการเลี้ยงกำไรจากการขายกุ้งได้

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ F-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการเลือกจุลินทรีย์สำเร็จรูปที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ได้คัดเลือกผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์มา 4 ชนิด คือชนิดน้ำ 1 ชนิดต้องหมักก่อนใช้ ราคาลิตรละ 200 บาท ชนิดที่ 2 เป็นผงหยาบ ๆ สีน้ำตาล ราคา กิโลกรัมละ 600 บาท และเป็นผงละเอียดสีขาว 2 ชนิด ราคา กิโลกรัมละ 350 บาท และ 900 บาท

4.2 ผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

จากการทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยวิธีดังกล่าวแล้วในบทที่ 3 โดยทดลอง ปีละครั้งตั้งแต่ปี 2542 พบว่า ระหว่างการทดลอง มีโรคระบาดตัวแดงดวงขาวในปี 2543 และโรคตับบวมในปี 2545 ทำให้กุ้งทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลองตาย ซึ่งใช้เวลาในการเลี้ยงประมาณ 30-70 วันเท่านั้น จึงไม่นำผลมาแสดง เนื่องจากจับกุ้งไม่ได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการและไม่อยู่ในขอบเขตงานวิจัยนี้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำผลเฉพาะชุดการทดลองที่เลี้ยงครบหรือเกิน 120 วันเท่านั้น ซึ่งเหลือเพียงชุดการทดลองเดียวคือ ในปี 2542 ดังนี้

4.2.1 คุณภาพน้ำเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

เลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดินขนาด 1 ไร่ ระยะ postlarvae 20 (PL20) ความเค็มของน้ำ 30 ส่วนในพันส่วน ปล่อยกุ้ง 50,000 ตัวต่อบ่อ ความยาวเฉลี่ย เท่ากับ 1±0.72 ซ.ม. ทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา ประมาณ 4 เดือน หรือประมาณ 120 วัน ให้อาหาร 4 เวลา ได้แก่ 7.00 น., 12.00 น. และ 17.00 น. 23.00 น. ปริมาณ 2-4%ของน้ำหนักกุ้งทั้งหมด หรือด้วยการเช็คยอ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ทำกลุ่มละ 2 ซ้ำ คือ

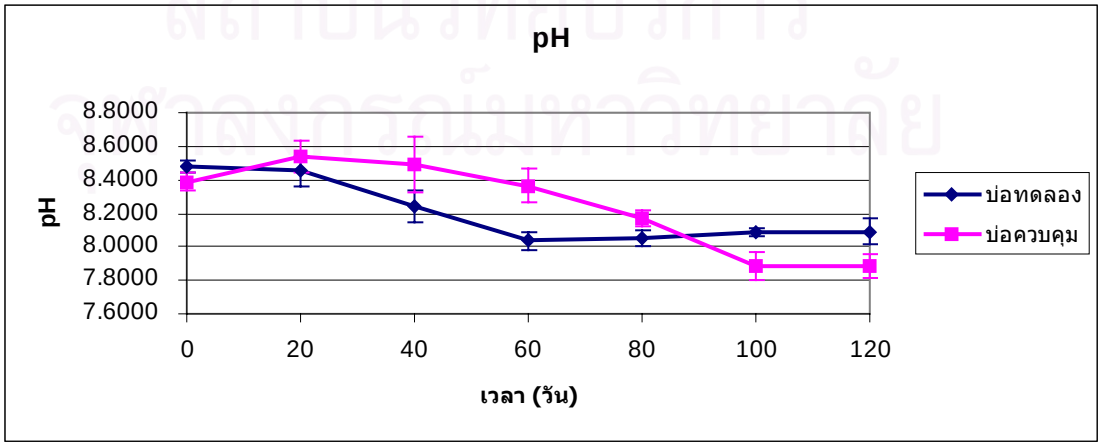
1. กลุ่มควบคุม (Control) คือกลุ่มที่ไม่เติมจุลินทรีย์ควบคุมคุณภาพน้ำ ในที่นี้คือ บ่อควบคุม1 (เลี้ยงครั้งที่ 1) และบ่อควบคุม 2 (เลี้ยงครั้งที่ 2)
2. กลุ่มทดลอง คือกลุ่มที่เติมจุลินทรีย์ควบคุมคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงตามคู่มือการใช้ผลิตภัณฑ์ ในที่นี้คือบ่อจุลินทรีย์ 1 (เลี้ยงครั้งที่ 1) และบ่อจุลินทรีย์ 2 (เลี้ยงครั้งที่ 2)

ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งเป็นเวลา 120 วัน โดยทำการศึกษาทุก 3 วัน ในช่วง เดือนแรก และ ศึกษาทุกวันในช่วงเดือนที่ 2-4 ได้ผลการทดลองดังนี้

พีเอชของน้ำ

พีเอชของน้ำเฉลี่ยที่วัดในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่าง ในเวลา 8.00 - 9.00 น. โดยประมาณ พบว่าบ่อควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.88-8.69 ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 8.25$\pm$0.08 บ่อเติมแบคทีเรียมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.90-8.51 ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 8.20 $\pm$ 0.06 โดยพบว่าบ่อควบคุม มีลักษณะค่า pH เปลี่ยนแปลงลดลงในสามช่วงแรก แล้วค่อย ๆ คงที่ในช่วงเดือนสุดท้ายของ การทดลอง ส่วนบ่อทดลองค่า pH เปลี่ยนแปลงลดลงอย่างในช่วงเดือนที่ 2 และค่อนข้างคงที่จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของทั้งสองชุดการทดลองอยู่ในระดับ ที่เหมาะตลอดการทดลอง และพบว่า ค่า pH ของบ่อควบคุม มีค่าสูงกว่าบ่อทดลองเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ พรเลิศ จันทร์รัชกูล, เจ เอฟ เทอร์นบอล และชลอ ลิ้มสุวรรณ (2537) ที่รายงานว่า ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำควรมีค่าพีเอชของน้ำอยู่ในช่วง 7.5-8.5 และพบว่ารูปแบบของการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชทั้งสองชุดการทดลองคล้ายกัน คือมีค่าสูงในช่วงแรกของการเลี้ยงเนื่องจากในช่วงการเตรียมบ่อมีการใส่ปูนขาว จึงทำให้ pH สูง แล้วค่อย ๆ ลดลงในช่วง 2 เดือนหลัง ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองระหว่างบ่อควบคุมและบ่อทดลอง(เติมจุลินทรีย์) พบว่า บ่อควบคุมมีพีเอชของน้ำแตกต่างจากบ่อที่มีการเติมทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยมีการเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำในแต่ละช่วงเวลาการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1

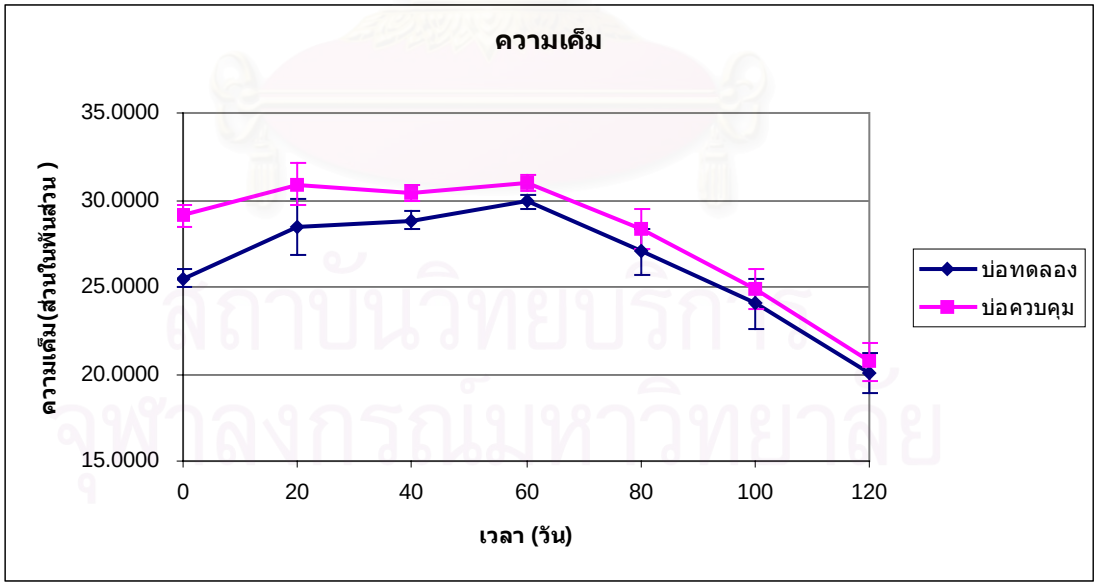
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่า pH ตลอดระยะเวลาการทดลอง



ความเค็มของน้ำ

ความเค็มของน้ำเฉลี่ยที่วัดในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่าง ในเวลา 9.00 น. โดยประมาณ พบว่าบ่อควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำอยู่ในช่วง 18.50-33.00 ส่วนในพันส่วน ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 27.90±0.90 ส่วนในพันส่วน บ่อทดลองเติมจุลินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำอยู่ในช่วง 17.50-32.00 ส่วนในพันส่วน ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา การทดลองมีค่าเท่ากับ 26.26±0.98 ส่วนในพันส่วน ทั้งนี้กุ้งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีความเค็มอยู่ในช่วง 15-30 ส่วนในพันส่วน (Wickins, 1982 อ้างถึงใน Lee และ Wickins, 1992) โดยทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำใกล้เคียงกัน คือสูงสุด ในวันที่ช่วงที่มีอุณหภูมิสูงเนื่องจากมีการระเหยของน้ำมาก และลดลงต่ำสุดในช่วงฝนตก โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงความเค็มในบ่อเลี้ยงกุ้งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำจืดที่เติมลงไป ปริมาณน้ำฝน รวมทั้งอัตราการระเหยของน้ำซึ่งทำให้ความเค็มเพิ่มสูงขึ้น (Funge-Smith และ Briggs, 1998) ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองระหว่างบ่อควบคุมและ บ่อเติมแบคทีเรีย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำและการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.2

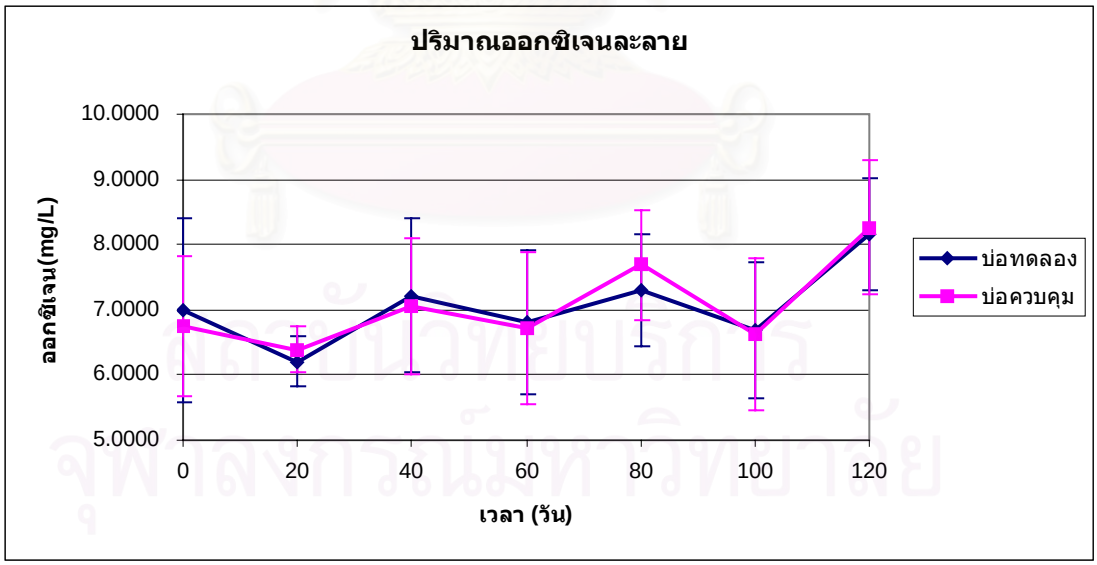
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความเค็มตลอดระยะเวลาการทดลอง



ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยที่วัดในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่าง ในเวลา 9.00 น. โดยประมาณ พบว่าบ่อควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 4.05-9.90 mg L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 7.09$\pm$0.95 mg L^{-1} บ่อทดลองเติมจุลินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 4.10-9.63 mg L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 7.05$\pm$1.04 mg L^{-1} ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเกิดจากขบวนการสังเคราะห์แสงโดยสาหร่ายและขบวนการหายใจ รวมทั้งการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน (Boyd, 1979 อ้างถึงในจันทสิงห์ ดวงบ้านเซ่า, 2545) โดยทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำใกล้เคียงกันและอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเติบโตของกุ้ง ซึ่ง Parker (1995) รายงานว่า ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรรักษาปริมาณออกซิเจนในน้ำให้มีไม่ต่ำกว่า 4 mg L^{-1} โดยจากการวิเคราะห์ ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองระหว่างบ่อควบคุมและบ่อเติมแบคทีเรีย พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของปริมาณออกซิเจนละลายในแต่ละช่วงเวลาการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายตลอดระยะเวลาการทดลอง

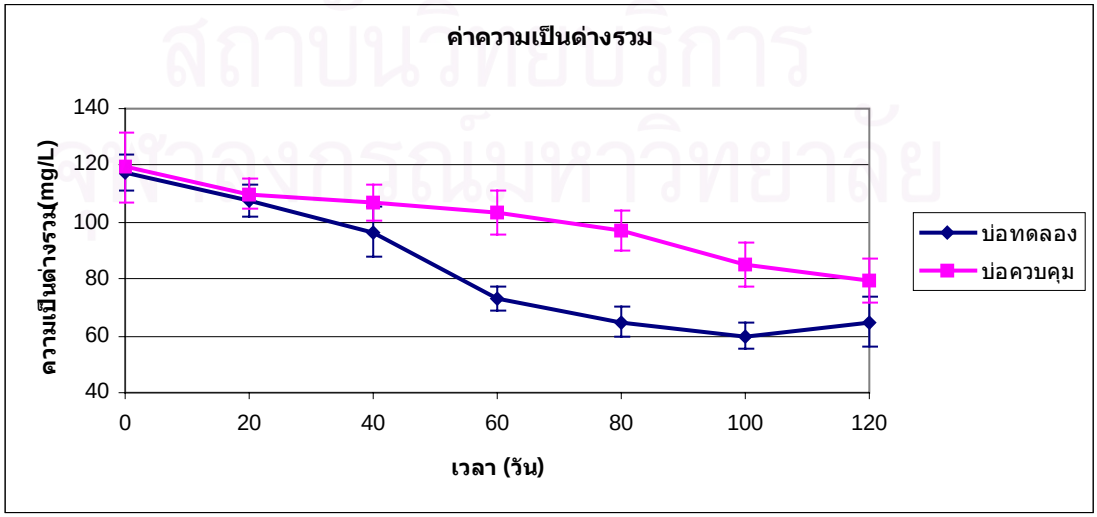


ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำ

ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำเฉลี่ยที่วัดในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่าง พบว่าบ่อควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นด่างรวมของน้ำอยู่ในช่วง 63.0-134.67 mg L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 100.091$\pm$7.703 mg L^{-1} บ่อทดลองมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างรวมของน้ำอยู่ในช่วง 58.50-122.50 mg L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 80.542$\pm$6.221 mg L^{-1} โดยพบว่าส่วนใหญ่ในบ่อควบคุมมีค่าความเป็นด่างรวมของน้ำสูงกว่าบ่อทดลองเติมจุลินทรีย์ ทั้งนี้ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์โดยจะควบคุมการเปลี่ยนแปลงพีเอชในน้ำ

ชลอ ลิ้มสุวรรณ (2543) รายงานว่า ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำควรมีค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 80-100 mgL^{-1} และพบว่าค่าความเป็นด่างรวมของน้ำมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงของพีเอชซึ่งมีค่าลดลงตลอดช่วงเวลาการเลี้ยง โดยที่ค่าความเป็นด่างเป็นการวัดปริมาณคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) แสดงว่าในบ่อเลี้ยงกุ้งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ลดลงจึงทำให้ค่าพีเอชและค่าความเป็นด่างรวมของน้ำลดลง แต่ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง พบว่า บ่อควบคุมมีค่าความเป็นด่างรวมแตกต่างจากบ่อทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างรวมของน้ำในแต่ละช่วงเวลาการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.4

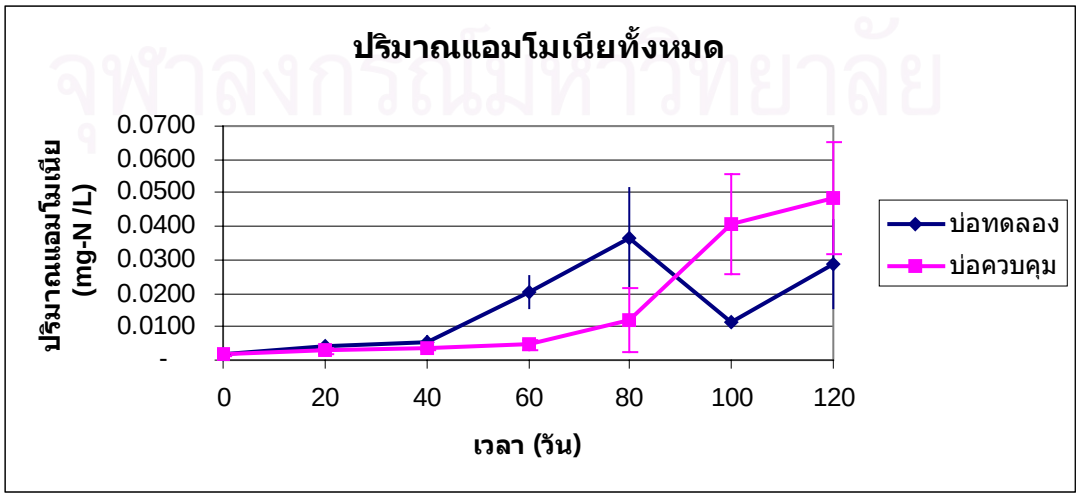
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างรวมของน้ำ



ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมด

ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดเฉลี่ยที่วัดในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่าง พบว่าบ่อควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.0017-0.0788 mg-N L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.0162$\pm$0.0062 mg-N L^{-1} บ่อทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.0019-0.0624 mg-N L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.0155$\pm$0.0074 mg-N L^{-1} โดยที่การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดของบ่อควบคุมมีแนวโน้มการสะสมเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยงและมีปริมาณสูงสุดในช่วงสุดท้ายของการเลี้ยง ในส่วนของบ่อเติมจุลินทรีย์มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่ 2 และ 3 ของการเลี้ยงและลดลงในช่วงเดือนสุดท้าย โดยที่แอมโมเนียเกิดจาก การขับถ่ายของกุ้งบริเวณเหงือกและกุ้งที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีการการขับถ่ายแอมโมเนียในปริมาณ ที่มากกว่า (Parker, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการเติบโตของกุ้งโดยพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว บ่อเติมจุลินทรีย์มีการเติบโตของกุ้งสูงกว่าบ่อควบคุม แต่ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย อยู่ในช่วงที่ไม่เป็นอันตรายต่อการเติบโตของกุ้งเนื่องจากปริมาณแอมโมเนียมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชของน้ำ Hargreaves (1998) รายงานว่า จะมีแอมโมเนียในรูปของแอมโมเนียอิสระ (NH_3) 50% ที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 9.3, 10% ที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 8.3 และ 1% ที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 7.3 ซึ่งทั้งสองชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียตลอดการทดลองเพียง 8.20 เท่านั้น จึงทำมีให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำไม่สูงมากนัก จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตลอด การทดลองระหว่างบ่อควบคุมและบ่อเติมแบคทีเรีย พบว่า บ่อควบคุมและบ่อทดลองมีปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.5$) โดยมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดและ การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.5

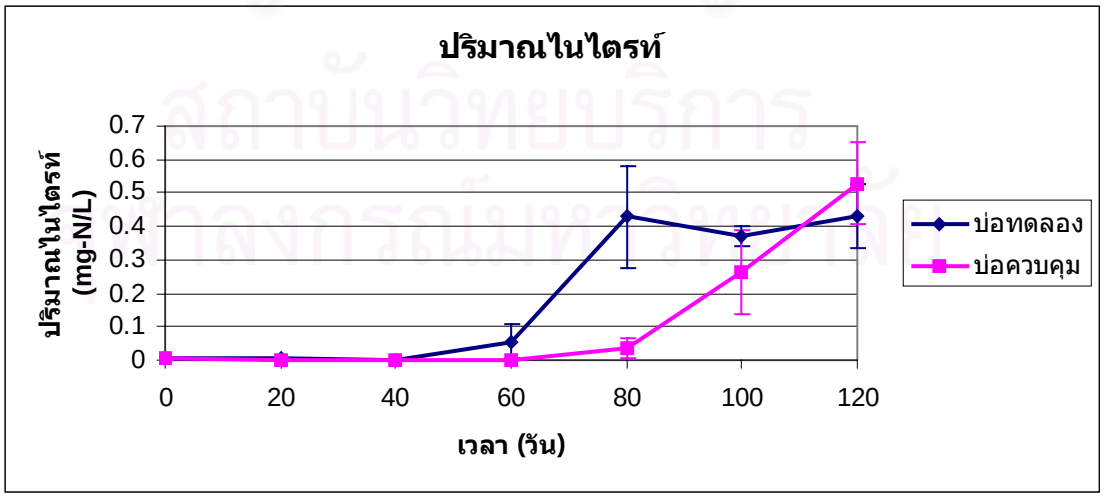
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าแอมโมเนียตลอดระยะเวลาการทดลอง



ปริมาณไนไตรท์

ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยที่วัดในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่าง พบว่าบ่อควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.0004-0.6286 mg-N L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.1201$\pm$0.0399 mg-N L^{-1} บ่อทดลองมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.0011-0.6714 mg-N L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.1849$\pm$0.0474 mg-N L^{-1} โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ในบ่อควบคุมจะมีปริมาณน้อยและค่อนข้างคงที่ในช่วง 2 เดือนแรก และเพิ่มขึ้น ในเดือนที่ 3 ในขณะที่บ่อทดลองมีปริมาณไนไตรท์เพิ่มในเดือนที่ 2 และมีปริมาณลดลงเมื่อมีการเติมแบคทีเรีย ชลอ ลิ้มสุวรรณ (2545) รายงานว่า ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำควรควบคุมปริมาณไนไตรท์ให้ต่ำกว่า 10 ppm หากมีปริมาณมากเกินไปไนไตรท์จะไปจับกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเลือดของสัตว์น้ำและเปลี่ยนเป็นเมทิโมโกลบิน (Methemoglobin) ซึ่งไม่สามารถจับกับออกซิเจนได้ (Hargreaves, 1998) แต่จากการทดลองพบว่ามีปริมาณไนไตรท์ต่ำมากเนื่องมาจากการที่บ่อทดลองมีปริมาณแอมโมเนียต่ำเช่นกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองระหว่างบ่อควบคุมและบ่อเติมแบคทีเรีย พบว่า บ่อควบคุมและบ่อทดลองมีปริมาณไนไตรท์ไม่แตกกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ ไนไตรท์และการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาการทดลองแสดงรูปที่ 4.6

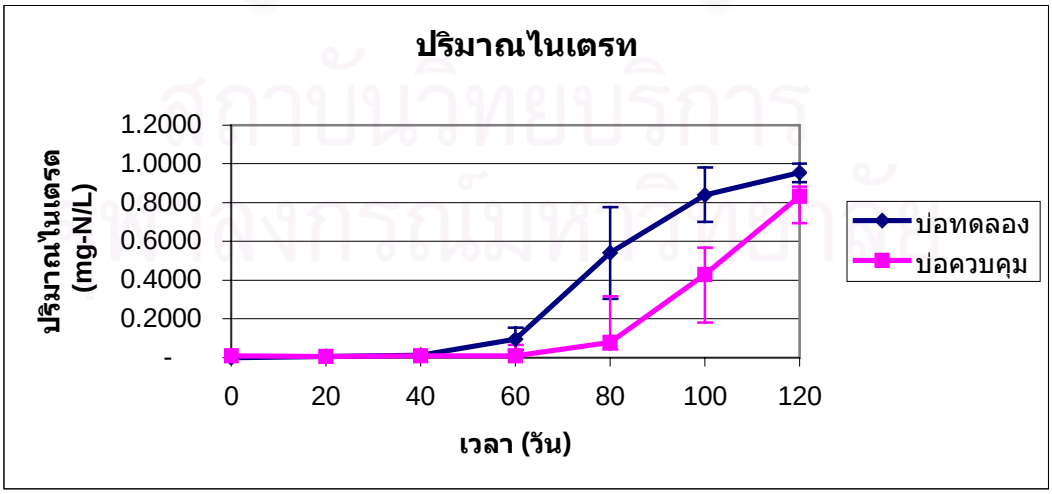
รูปที่ 4.6 แสดงปริมาณไนไตรท์ตลอดระยะเวลาการทดลอง



ปริมาณไนเตรท

ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยที่วัดในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่าง พบว่าบ่อควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 0.0044-0.9557 mg-N L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.1972$\pm$0.0623 mg-N L^{-1} บ่อเติมแบคทีเรียมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 0.0047-1.0394 mg-N L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.3507$\pm$0.0696 mg-N L^{-1} โดยพบว่าในช่วง 2 เดือนแรกของบ่อควบคุมและบ่อทดลองมี การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทใกล้เคียงกันและอยู่ในช่วงแคบๆ แต่หลังจากวันที่ 60เป็นต้นไป พบว่า บ่อควบคุมและบ่อทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทเพิ่มสูงขึ้นและ มีค่าสูงสุดในช่วงสุดท้ายของการเลี้ยง ทั้งนี้ไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนขั้นสุดท้ายของขบวนการไนตริฟิเคชั่นโดยแบคทีเรีย ซึ่งไม่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ จากการที่พบว่าบ่อเติมจุลินทรีย์ มีปริมาณไนเตรทสูงกว่าบ่อควบคุมอาจเป็นไปได้ที่ว่าการเติมแบคทีเรียจะทำให้เกิดขบวนการ ไนตริฟิเคชั่นได้ดีจึงทำให้ในบ่อที่เติมแบคทีเรียมีปริมาณไนเตรทสูง ซึ่งไนเตรทสามารถเปลี่ยนไปเป็นแก๊สไนโตรเจนที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ อีกทั้งพืชหรือสาหร่ายสามารถนำไนเตรทไปใช้ ในการเจริญได้ (Hargreaves, 1998; Parker, 1995) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองระหว่างบ่อควบคุมและบ่อเติมแบคทีเรีย พบว่ามีปริมาณไนเตรทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทและการวิเคราะห์ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ในแต่ละช่วงเวลาการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.7

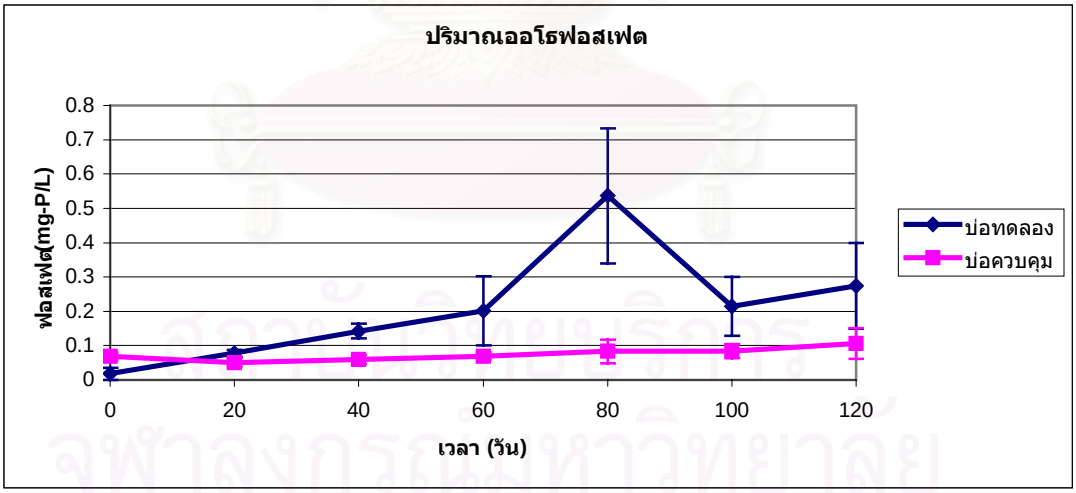
รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณ ไนเตรทตลอดระยะเวลาการทดลอง



ปริมาณออโธฟอสเฟต

ปริมาณออโธฟอสเฟตเฉลี่ยที่วัดในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่าง พบว่าบ่อควบคุม มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณออโธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.0004-0.2141 mg-P L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.0746$\pm$0.0209 mg-P L^{-1} บ่อเติมแบคทีเรียมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณออโธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.0077-0.9030 mg-P L^{-1} ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.2092$\pm$0.0795 mg-P L^{-1} โดยพบว่าบ่อทดลองเติมจุลินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณออโธฟอสเฟตสูงกว่าควบคุม เนื่องจากวิธีการใช้จุลินทรีย์ชนิดนี้ต้องใช้ร่วมกับหินฟอสเฟตบดละเอียดที่มาเป็นชุด จึงทำให้มีปริมาณออโธฟอสเฟตสูงกว่าบ่อควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปกติจะสามารถพบปริมาณฟอสฟอรัสถึง 51% จากอาหารในบ่อเลี้ยงกุ้ง (Funge-Smith และ Briggs, 1998) ทั้งนี้ฟอสเฟตไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรงหากในแหล่งน้ำมีปริมาณฟอสเฟตสูงจะมีผลทำให้ผู้ผลิตเบื้องต้น (Primary producers) เจริญอย่างรวดเร็ว (Stickney, 1979) ซึ่งจะส่งผลต่อค่าพีเอช ปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณออโธฟอสเฟตและการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงปริมาณออโธฟอสเฟตตลอดระยะเวลาการทดลอง



ปริมาณตะกอนพื้นบ่อ

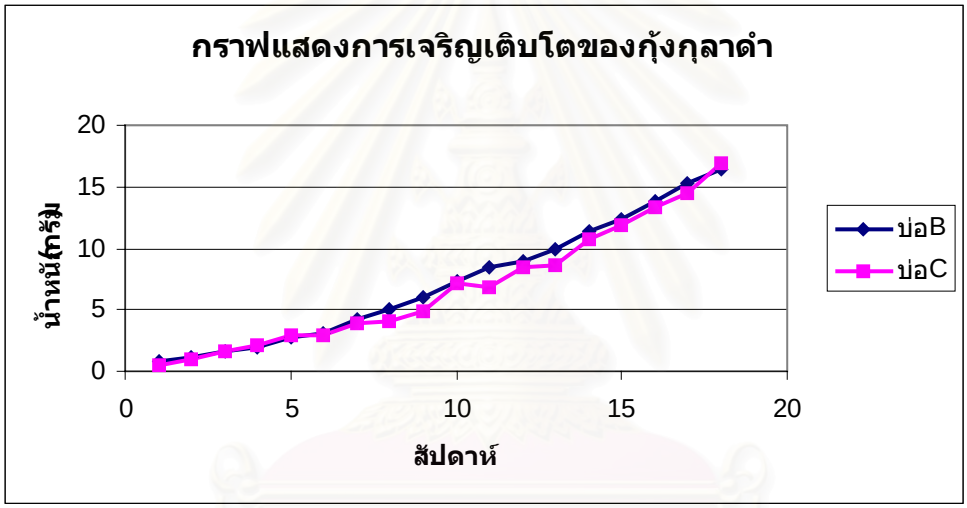
จากการประเมินปริมาณตะกอนโดยการดูดตะกอนเลน พบว่าบ่อควบคุมมีตะกอนมากกว่าบ่อทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลองอย่างชัดเจน โดยบ่อควบคุมมีปริมาณตะกอนเฉลี่ย 21 ลบ.ม. และบ่อเติมแบคทีเรียมีปริมาณตะกอนเฉลี่ย 15 ลบ.ม. ตะกอนพื้นบ่อประกอบด้วยของแข็ง (Solid) และสารอินทรีย์ (Organic matter) เกิดจากการพังทลายของดินบริเวณคันบ่อ ซึ่งพบว่ามีของแข็งอยู่ 88-93% และปริมาณสารอินทรีย์ 40-60% อาหารสัตว์น้ำจะพบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์อยู่ 31-50% (Funge-Smith และ Briggs, 1998) รวมทั้งของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ (Fecal solid) และแพลงค์ตอนพืชที่ตาย (Hargreaves, 1998) ตะกอนเหล่านี้จะสะสมอยู่ที่พื้นบ่อในรูปของเลน (sludge) (Briggs และ Funge-Smith, 1994) หากในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณจุลินทรีย์และสภาวะการย่อยสลายไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการสะสมของตะกอนสารอินทรีย์มาก จากการที่พบว่าบ่อที่เติมจุลินทรีย์มีปริมาณตะกอนเลนน้อยกว่าบ่อควบคุมแสดงว่าจุลินทรีย์ที่ใส่ลงไปสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์บริเวณพื้นบ่อได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ชลิต โนระดี (2535) ที่ศึกษาผลของแบคทีเรียสายพันธุ์ *Bacillus subtilis* ในการย่อยสลายสารอินทรีย์จากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ได้ 69%และจากการศึกษาของ จันทสิงห์ ดวงบ้านเซ่า (2545) ที่พบว่าการเติมแบคทีเรียลงไปในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำให้มีปริมาณไม่ต่ำกว่า 10^6 CFU g^{-1} สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์บริเวณพื้นบ่อได้แตกต่างจากบ่อที่ไม่เติมแบคทีเรีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

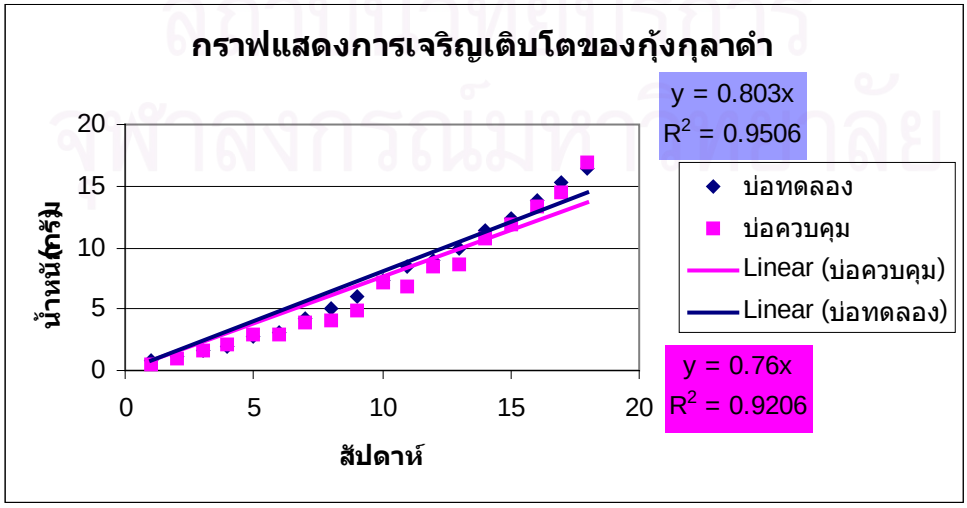
4.2.2 อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอด

จากการพิจารณาอัตราการเติบโต โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น พบว่ากุ้งทุกบ่อมีอัตราการเติบโตใกล้เคียงกัน แต่จากการวัดอัตราการเติบโต พบว่าบ่อทดลองมีการเติบโตเร็วกว่าบ่อควบคุมเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.9 และ 4.10 ทั้งนี้เป็นไปได้ที่ว่าตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งทั้งสองชุด การทดลองไม่มีปัญหาด้านคุณภาพน้ำจึงทำให้กุ้งกุลาดำทั้งสองชุดมีอัตราการเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน จากการศึกษาอัตรารอดพบว่าบ่อควบคุมมีอัตรารอดของกุ้งเท่ากับ 71.94% และบ่อเติมแบคทีเรียมีอัตรารอดของกุ้งเท่ากับ 85.28%

รูปที่ 4.9 แสดงการเจริญเติบโตโดยวัดน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อเวลา

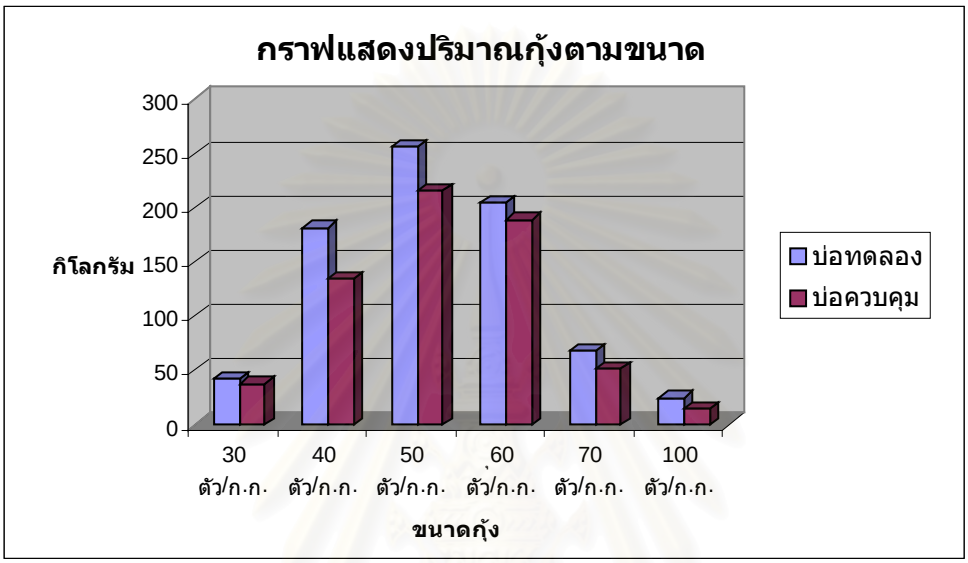


รูปที่ 4.10 แสดงอัตราการเจริญเติบโตโดยวัดน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อเวลา

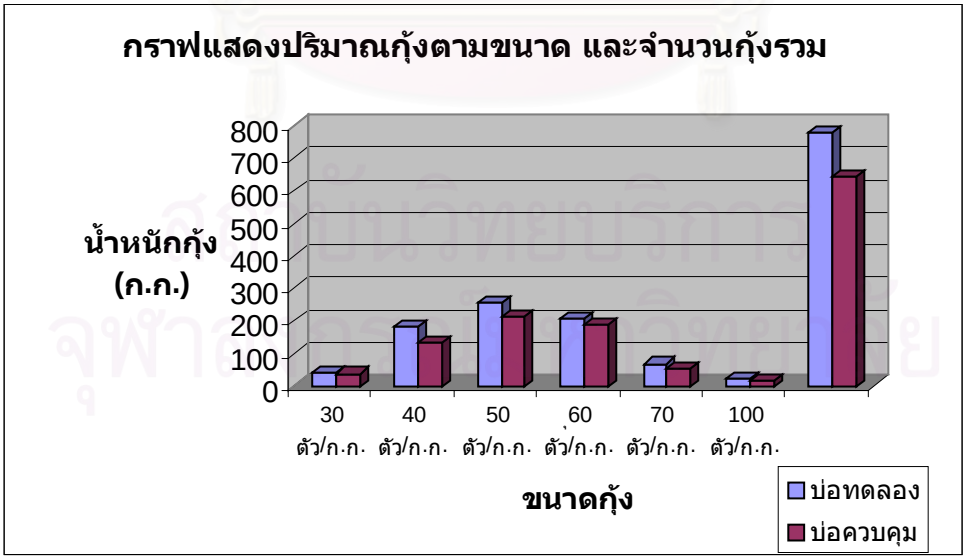


เมื่อทำการจับกุ้งแล้วพบว่า กุ้งกุลาดำในบ่อทดลองเติมจุลินทรีย์มีขนาดใหญ่กว่าบ่อควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 ซึ่งเป็นเหตุให้จำหน่ายกุ้งได้ราคาสูงกว่าบ่อควบคุม และยังมีอัตรารอดสูงกว่าบ่อควบคุม ดังแสดงค่าการเปรียบเทียบตามดังตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.11 แสดงจำนวนกุ้งแยกตามขนาด (ตัว/กิโลกรัม)



รูปที่ 4.12 แสดงจำนวนกุ้งแยกตามขนาด (ตัว/กิโลกรัม) เฉลี่ยบ่อทดลองและบ่อควบคุม



ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

	แอมโมเนีย		ไนไตรท์		ไนเตรท	
วันที่	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม
0	0.0019 ± 0.0004	0.0017 ± 0.0002	0.0034 ± 0.0006	0.0032 ± 0.0006	0.0004 ± 0.0004	0.0114 ± 0.0008
20	0.0040 ± 0.0013	0.0027 ± 0.0007	0.0049 ± 0.0038	0.0025 ± 0.0015	0.0077 ± 0.0026	0.0054 ± 0.0009
40	0.0057 ± 0.0015	0.0034 ± 0.0002	0.0019 ± 0.0002	0.0012 ± 0.0003	0.0131 ± 0.0024	0.0115 ± 0.0020
60	0.0202 ± 0.0046	0.0045 ± 0.0013	0.0564 ± 0.0507	0.0014 ± 0.0008	0.0970 ± 0.0574	0.0093 ± 0.0093
80	0.0368 ± 0.0148	0.0118 ± 0.0095	0.4287 ± 0.1533	0.0382 ± 0.0299	0.5408 ± 0.2356	0.0803 ± 0.0360
100	0.0114 ± 0.0158	0.0409 ± 0.0150	0.3690 ± 0.0296	0.2651 ± 0.1254	0.8406 ± 0.1406	0.4288 ± 0.2468
120	0.0289 ± 0.0132	0.0483 ± 0.0167	0.4299 ± 0.0937	0.5288 ± 0.1207	0.9549 ± 0.0483	0.8338 ± 0.1405
ค่าเฉลี่ย	0.0155 ± 0.0074	0.0162 ± 0.0062	0.1849 ± 0.0474	0.1201 ± 0.0399	0.3507 ± 0.0696	0.1972 ± 0.0623

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง (ต่อ)

วันที่	pH		ความเค็ม		alkalinity	
	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม
0	8.4750 ± 0.0358	8.3900 ± 0.0519	25.5000 ± 0.5000	29.0833 ± 0.6646	117.6000 ± 6.4265	119.2500 ± 12.2464
20	8.4504 ± 0.0893	8.5380 ± 0.0925	28.4444 ± 1.5899	30.8889 ± 1.2191	107.7222 ± 5.5120	109.9444 ± 5.2882
40	8.2431 ± 0.0964	8.4953 ± 0.1672	28.8333 ± 0.5000	30.4444 ± 0.4640	96.4444 ± 8.7230	106.8333 ± 6.5048
60	8.0350 ± 0.0539	8.3661 ± 0.1028	29.9167 ± 0.4174	30.9583 ± 0.4981	73.1042 ± 4.5170	103.4167 ± 7.4706
80	8.0508 ± 0.0471	8.1658 ± 0.0480	27.0333 ± 1.3292	28.3333 ± 1.1443	64.9500 ± 4.9877	97.0833 ± 7.0645
100	8.0835 ± 0.0245	7.8875 ± 0.0860	24.0357 ± 1.3932	24.8929 ± 1.1958	60.0357 ± 4.8336	84.7321 ± 7.7525
120	8.0917 ± 0.0750	7.8848 ± 0.0719	20.0313 ± 1.1470	20.7188 ± 1.1101	64.9375 ± 8.5496	79.3750 ± 7.5950
ค่าเฉลี่ย	8.2042 ± 0.0603	8.2468 ± 0.0886	26.2564 ± 0.9824	27.9028 ± 0.8994	83.5420 ± 6.2213	100.0907 ± 7.7032

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง (ต่อ)

	ปริมาณออโธฟอสเฟต		ออกซิเจน	
วันที่	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม
0	0.0177 ± 0.0177	0.0686 ± 0.0111	7.0000 ± 1.4142	6.7500 ± 1.0607
20	0.0774 ± 0.0103	0.0507 ± 0.0121	6.2111 ± 0.3731	6.3889 ± 0.3593
40	0.1422 ± 0.0217	0.0596 ± 0.0130	7.2222 ± 1.1756	7.0556 ± 1.0540
60	0.2015 ± 0.1001	0.0695 ± 0.0106	6.8042 ± 1.0993	6.7208 ± 1.1713
80	0.5362 ± 0.1963	0.0836 ± 0.0346	7.3000 ± 0.8598	7.6967 ± 0.8431
100	0.2148 ± 0.0854	0.0844 ± 0.0204	6.6814 ± 1.0403	6.6214 ± 1.1719
120	0.2743 ± 0.1247	0.1057 ± 0.0449	8.1590 ± 0.8725	8.2650 ± 1.0295
ค่าเฉลี่ย	0.2092 ± 0.0795	0.0746 ± 0.0209	7.0540 ± 0.9764	7.0712 ± 0.9557

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบผลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระหว่างบ่อที่เติมแบคทีเรียและบ่อควบคุม

รายการ	บ่อทดลอง			บ่อควบคุม		
	บ่อ1	บ่อ2	ค่าเฉลี่ย	บ่อ1	บ่อ2	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักกุ้งที่ได้ทั้งหมด (ก.ก.)	846.00	706.70	776.35	741.60	541.20	641.40
จำนวนอาหารที่ใช้ทั้งหมด (ก.ก.)	1,488.00	1,245.00	1,366.50	1,265.30	1,051.80	1,158.55
อัตราแลกเนื้อ (FCR)	1.76	1.76	1.76	1.71	1.94	1.82
ขนาดกุ้งเฉลี่ยทั้งบ่อ (ตัว/ก.ก.)	50	61	55	57	55	56
จำนวนกุ้งทั้งหมดที่จับได้ (ตัว)	41,991	43,290	42,640.50	41,976	29,961	35,968.50
อัตราการรอด	83.98%	86.58%	**85.28%**	83.95%	59.92%	**71.94%**
ตะกอน	12.11	17.91	15	19.29	21.76	21
ต้นทุนการเลี้ยง (บาท)	95,188.50	85,016.00	90,102.25	76,913.45	68,505.15	72,709.30
รายได้จากการจำหน่ายกุ้ง (บาท)	198,810	141,340	170,075	174,276	127,182	150,729
กำไร (บาท)	103,622	56,324	**79,973**	97,363	58,677	**78,020**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

ได้ทำการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สำเร็จรูปในเชิงพาณิชย์ชนิดหนึ่งควบคุมคุณภาพน้ำ ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระยะโพสลาวี 20 (PL20) ในบ่อดินขนาด 1 ไร่ (1 ไร่ เท่ากับ 1,600 ตารางเมตร) โดยปล่อยกุ้งอัตราความหนาแน่น 50,000 ตัวต่อไร่ เติมจุลินทรีย์สำเร็จรูปในน้ำเลี้ยงกุ้งกุลาดำทุกสัปดาห์ เปรียบเทียบกับบ่อควบคุมที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ จำนวน 2 ชุดการทดลอง ตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ อัตราการเติบโต ขนาดกุ้งที่จับได้ ปริมาณผลผลิตรวม อัตราการรอด ปริมาณตะกอนพื้นบ่อ และผลกำไรจากการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่า คุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมด และไนไตรท์ตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนปริมาณ ไนเตรท และฟอสเฟต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.5$) โดยในบ่อทดลองมีปริมาณมากกว่าบ่อควบคุม ส่วนปริมาณออกซิเจนละลาย พีเอช และความเค็ม ตลอกการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) บ่อที่เติมจุลินทรีย์มีประมาณตะกอนพื้นบ่อน้อยกว่าบ่อควบคุม ในส่วนของอัตราการเติบโต พบว่ามีอัตราการเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่บ่อเติมจุลินทรีย์ มีอัตรารอด ปริมาณผลผลิตรวม และมีขนาดกุ้งที่ตลาดต้องการมากกว่าจึงทำให้มีผลกำไรจากการจำหน่ายกุ้งมากกว่า ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Matias และคณะ (2002) ซึ่งทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ในเชิงพาณิชย์ควบคุมคุณภาพน้ำ พบว่า บ่อเติมจุลินทรีย์มีแนวโน้มให้ผลผลิตกุ้งสูงกว่า ในขณะที่มีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท สูงกว่าบ่อควบคุม ส่วนปริมาณตะกอนบ่อเติมจุลินทรีย์ มีปริมาณตะกอนน้อยกว่าบ่อควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Menasveta, Buranathai และ Dick (1994) เช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด ยังไม่มีมาตรฐานมากำหนดคุณภาพ ซึ่งจากการทดลองพบว่ามีทั้งได้ผลและไม่ได้ผล ซึ่งทางหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องน่าจะมาควบคุมดูแล ซึ่งการทำเป็นมาตรฐานจะทำให้บริษัทต่าง ๆ ที่ผลิตจุลินทรีย์สำเร็จรูปจำหน่าย มาใส่ใจเรื่องคุณภาพมากขึ้น ซึ่งจะทำให้มีการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างกว้างขวางขึ้น เพื่อไม่ให้เป็นการเพิ่มต้นทุนให้เกษตรกรโดยเปล่าประโยชน์

2. จุลินทรีย์ที่นำมาผลิตเป็นจุลินทรีย์สำเร็จรูปจำหน่ายนั้น ควรเป็นสายพันธุ์ไทย เพื่อไม่ให้ระบบนิเวศน์เปลี่ยนแปลงไป

3. การใช้จุลินทรีย์สำเร็จรูป ควรศึกษาปริมาณการใช้จากตัวแทนจำหน่าย และฉลาก ให้ชัดเจนก่อนตัดสินใจใช้ เพื่อให้ได้ผลตามประสงค์

4. ได้แนวทางในการทดสอบผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ในระดับบ่อจริง โดยทำการเลี้ยงเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม สามารถใช้บ่อขนาด 1 ไร่ เพื่อการดูแลรักษาง่าย ไม่ยุ่งยากและสามารถทราบผลการทดสอบได้ภายในระยะเวลาประมาณ 4 เดือน

5. ควรมีการศึกษาหาปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ระหว่างการเลี้ยงด้วย เพื่อให้แน่ใจว่าผลของคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้น เป็นผลจากจุลินทรีย์ที่เติมเข้าไปจริง และยังมีจำนวนที่เหมาะสมตลอดการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จันทสิงห์ ดวงบ้านเช่า.2545.**การใช้แบคทีเรียเพื่อจัดการคุณภาพน้ำและปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชลิต โนระดี. 2535. **ผลของแบคทีเรียต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีพื้นเป็นดินเหนียว**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2543. **กุ้งไทย 2000: สู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพมหานคร: เจริญรัฐการพิมพ์.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ วิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิ์ศักดิ์. 2540. **คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

ธนิต ผิวนิ่ม. 2536. คุณประโยชน์ของจุลินทรีย์ชนิดน้ำและจุลินทรีย์ชนิดผงในการเพาะเลี้ยงกุ้ง. **สัตว์น้ำ** 42: 94-99.

ธีระ เกรอต. 2539. **วิศวกรรมน้ำเสีย การบำบัดทางชีวภาพ**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพครั้งที่ 1 :606 หน้า.

บุญเชิญ จันทร์เมือง.2545. จุลินทรีย์ในบ่อกุ้ง

ปิติภรณ์ บัวเจริญ.2540. **การขจัดแอมโมเนียในน้ำทะเลโดยในตริฟายอิงแบคทีเรีย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2536. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เปรมสุดา สมาน. 2539. **จุลินทรีย์สำหรับบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งทะเล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรเลิศ จันทร์รัชชกูล, เจ เอฟ เทอร์นบอล และชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2537. **คู่มือการเลี้ยงและการป้องกันโรคกุ้งกุลาดำ**. กรุงเทพมหานคร. สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ กรมประมง.

ลิลา เรืองแป้น. 2545. ปัญหาสารปฏิชีวนะกับการเพาะเลี้ยงกุ้ง.**วารสารการประมง** ฉบับที่ 55 พฤษภาคม – มิถุนายน.

วัลลภ คงเพิ่มพูน. 2534. **กุ้งกุลาดำ**. กรุงเทพมหานคร: โครงการหนังสือเกษตรชุมชน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชัย ลาภจตุพร. 2535. เจาะลึกจุลินทรีย์ในสถานการณ์มลพิษ. **สัตว์น้ำ** 29: 18-35.

วิชัย ลาภจตุพร. 2535. จุลินทรีย์และโปรไบโอติก. **สัตว์น้ำ** .

สมพร ธนวิริยะกุล. 2535. **การคัดเลือกแบคทีเรียเฮตเทอโรโทรปจากธรรมชาติและความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์. 2539 **จุลินทรีย์กับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. วารสารวาริชศาสตร์ หน้า 42-51

ภาษาอังกฤษ

Austin, B. 1988. **Marine microbiology**. New York: Cambridge University Press.

Avnimelech, Y. 1996. Shrimp pond bottom soils: Processes and management. *In* **Book of Abstracts, 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society**. Bangkok: Thailand.

Barnab**é**, G. (ed.). 1994. **Aquaculture: biology and ecology of culture species**. New York: Ellis Horwood.

Blackburn, T. H., Lund, B. A. and Krom, M. D. 1988. C-and N-mineralization in the sediments of earthen marine fish ponds. **Mar. Ecol. Prog. Ser**. 44: 221-227.

Boyd, C. E. 1979. **Water quality in warmwater fish ponds**. Alabama: Craftmaster Printers.

Boyd, C. E. and Fast, A. W. 1992. Pond monitoring and management. *In* A. W. Fast and L. J. Lester (eds), **Marine shrimp culture: principles and practices**, pp. 497-514. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.

Bratvold, D. and Browdy, C. L. 2001. Effects of sand sediment and vertical surfaces (AquaMats™) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. **Aquaculture** 195: 81-94.

Briggs, M.R.P. and Funge-Smith, S. J. 1994. A nutrient budget of some intensive marine shrimp pond in Thailand. **Aquacult. Fisheries Manage.** 25: 789-811.

Cole, J. J., Findlay, S. and Pace, M. L. 1988. Bacterial production in fresh and salt water ecosystems : A cross-system overview. **Mar. Ecol. Progr. Ser**. 43: 1-10.

Ehrlich, K. F., Cantin, M. C. and Horsfall, F. L. 1989. **Inst. Chem. Eng. U.K. Symp**. 1: 329-341.

Ferchel, T. and Harrison, P. 1976. The significance of bacterial grazing and mineral cycling for the decomposition of particulate detritus. *In* J. M. Anderson and A. Macfadyen (eds.), **The role of terrestrial and aquatic organisms in decomposition processes**. Oxford: Blackwell. pp. 286-299.

Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. **J. Appl. Bacteriol**. 66: 365-378.

Funge-Smith, S.J. and Briggs, M.R.P. 1998. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implication for sustainability. **Aquaculture** 164: 117-133.

Fushs, G. W., Demmerle, S. D., Canelli, E. and Chen, E. 1972. Nutrients and eutrophication. **Limnol. Oceanogr**. 11: 505-514.

Hargreaves, J. A.1997. A simulation model of ammonia dynamics in commercial catfish ponds in the southeastern United States. **Aquacultural Eng**. 16: 27-43.

Hargreaves, J. A . 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. **Aquaculture** 166: 181-212.

Hargreaves, J. A. and Kucuk. S. 2001. Effects of un-ionized ammonia fluctuation on juvenile hybrid striped bass, channel catfish, and blue tilapia. **Aquaculture** 195: 163-181.

Heath, C. W., Smalls, I. C. and Cannon, D. 1980. Some factors involved in the occurrence and limitation of algal blooms in an Australian estuary. **Prog. Water Technol**. 12: 421-443.

Hopkins, J. S., Paul, A. S. and Browdy, C. L. 1994. Sludge Management in Intensive Pond Culture of Shrimp : Effect of Management Regime on Water Quality, Sludge Characteristics, Nitrogen Extinction, and Shrimp Production. **Aquacultural Eng**. 13(1): 11-30.

Hudson, D. A. and Lester, R. J. G. 1992. Relationships between water quality parameters and ectocommensal ciliates on prawns (*Penaeus japonicus* Bate) in aquaculture. **Aquaculture** 105: 269-280.

Kautsky, N., Rönnbäck, P., Tedengren, M. and Troell, M. 2000. Ecosystem perspectives on management of disease in shrimp pond farming. **Aquaculture** 191: 145-161.

Kodota, H., Yoshida, Y. and Mitsuhashi, K. 1983. Microbial removal of nitrogen from wastewater using intermittent aeration techniques. *In* T. A. Oxley and S. Barry (eds.), **Biodeterioration 5**. Chichester: John Wiley and Sons.

Lee, D. O' C. and Wickins, J. F. 1992. **Crustacean farming**. London: Blackwell Scientific Publications.

Lee, Y. K., Nomoto, K., Salminen, S. and Gorbach, S. L. 1999. **Handbook of probiotics**. New York: John Wiley & Sons.

Lester, L. J. and Pante, M. J. R. 1992. Penaeid Temperature and Salinity Response. *In* A. W. Fast and L. J. Lester (eds.), **Marine shrimp culture: principles and practices**, pp. 515-534. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.

Lorenzen, K., Struve, J. and Cowan, V.J. 1997. Impact of farming intensity and water management on nitrogen dynamics in intensive pond culture: a mathematical model applied to Thai commercial shrimp farms. **Aquaculture Res**. 28: 493-507.

Madenjian, C. P., Rogers, G. L. and Fast, A. W. 1987. Predicting might time dissolved oxygen loss in prawn pond of Hawii: Part I Evaluation of traditional method. **Aquacultural Eng**. 6: 191-208.

Moriarty, D. J. W . 1998. Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture ponds. **Aquaculture** 164: 351-358.

Matias H.B.,F.M. Yusoff F.M., Shariff M. and Azhar O. 2002. Effect of Commercial Microbial Products on Water Quality in Tropical Shrimp Culture Ponds. **Asian Fisheries Science** 15 : 239-248

Parker, R. 1995. **Aquaculture Science**. Albany: Delmar Publishers.

Piamsak Menasveta, Chote Buranathai and Dick Polley. 1994. Improvement of Intensive Shrimp Culture by Bioremediation. ARRI Newsletter Vol.1 No.2 April 1994-September 1994.

Schroeder, G. L. 1978. Autotrophic and heterotrophic production of microorganisms in intensively manured fish ponds and related fish yield. **Aquaculture** 14: 303-325.

Schroeder, G. L., Alkon, A. and Laher, M. 1991. Nutrient flow in pond aquaculture system. *In* Brune, D. E. and Tomasso, J. R. (eds.), **Aquaculture and Water Quality, World Aquaculture Society**, pp. 489-505. LA: Baton Rouge.

Staley, J. T. and Stanley, P. M. 1986. Potential commercial applications in aquatic microbiology. **Microb. Ecol**. 12: 79-100.

Stickney, R. R. 1979. **Principles of warmwater aquaculture**. New York: John Wiley & Sons.

Stumm, W. and Morgan, J. J. 1996. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters**. 3 rd (ed). New York: A Wiley-Interscience publication.

Valiela, I. 1995. **Marine ecological processes**. 2nd ed. New York: Springer-Verlege. 686: 275-287.

Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P. and Verstraete, W. 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. **Microbiol. Mol. Biol. Rev**. 64(4): 655-671.

Wang, J. K. 1990. Managing shrimp pond water to reduce discharge problems. **Aquacultural Eng**. 9: 61-73.

Wetzel, R. G. 1975. **Limnology**. Philadelphia: Saunders.

Wiesmann, D., Scheid, H. and Pfeffer, E. 1988. Water pollution with phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.). **Aquaculture 69: 263-270.**

Willium O' Learly. 1989. **Practical handbook of Microbiology**. 2nd ed. CRC Press.

Wyban, J. A. and Sweeney, J. N. 1989. Intensive shrimp growout trials in a round pond. **Aquaculture** 76: 215-225.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ความเป็นด่าง

1.1 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) 0.05 N

อบ Na_2CO_3 ประมาณ 3-5 กรัม ในตู้อบที่ 250 °ซ. นาน 4 ชม. ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งสารที่ได้ 2.5 ± 0.2 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร เก็บรักษาสารละลายที่ได้ประมาณ 1 อาทิตย์

1.2 Standard sulfuric acid หรือ Hydrochloric acid ความเข้มข้น 0.1 N

เจือจาง 3.0 มล. ของกรด H_2SO_4 เข้มข้น หรือ 8.3 มล. ของกรด HCl เข้มข้น ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร เทียบมาตรฐานความเข้มข้นของกรดดังนี้

การเทียบมาตรฐานความเข้มข้นของกรด (Standardize) กับ 40.0 มล. 0.05 N Na_2CO_3 โดยรินกรดลงในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต จนสารละลายมี pH ประมาณ 5 (วัดด้วย pH meter) ต้มสารละลายที่ได้ประมาณ 3-5 นาที (โดยใช้ Cover glass ครอบสารละลายขณะต้ม) ปล่อยทิ้งให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง รินสารละลายที่อยู่บน Cover glass ลงในบีกเกอร์ซึ่งบรรจุสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ไตเตรตด้วยกรดต่อจน pH ของสารละลายถึงจุด inflection point (pH=4.5) และสีของสารละลายเปลี่ยนไป คำนวณความเข้มข้นของกรด (Normality) ดังนี้

$$N = \frac{AxB}{53.00 \times C}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของ Na_2CO_3 ในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.05 N (เท่ากับ 2.50 กรัม (ตามวิธีข้อ 1)

B = มล.ของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (เท่ากับ 40.0 มล.)

C = มล.ของกรด

สำหรับสารละลายกรดเข้มข้น 0.1 N, ปริมาณ 1 มล. เท่ากับ 5.0 มิลลิกรัมของ $CaCO_3$

1.3 กรดเข้มข้น 0.02 N (อาจจะใช้กรด H_2SO_4 หรือ HCl ก็ได้)

เจือจาง 200.0 มล.ของ 0.1 N Standard acid ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร โดย 1 มล.ของ 0.02 N ของกรด เท่ากับ 1.00 มก.ของ $CaCO_3$

1.4 สารละลาย Methyl orange indicator

ละลาย 500 มก. ของ Methyl orange powder ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

1.5 สารละลาย Phenolphthalein indicator

ละลาย 5 กรัม ของ Phenolphthalein disodium salt ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

2. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์แอมโมเนีย

2.1 น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย (Ammonia-free water)

กรองน้ำกลั่นผ่าน ion exchange resin (ยาว 30 ซม. กว้าง 1-2 ซม.) ควรเตรียมใหม่ทันทีที่จะใช้และควรเก็บในขวดแก้วมีฝาปิดสนิท

2.2 สารละลายฟีนอล (Phenol solution)

ละลาย 20 กรัม ของ Phenol, C_6H_5OH ใน 95% v/v ethyl alcohol 200 มล.

2.3 สารละลายโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ (Sodium nitroprusside solution)

ละลาย 1 กรัม ของ Sodium nitroprusside, $Na_2Fe(CN)_5NO.2H_2O$ ในน้ำกลั่น de-ionized 200 มล. เก็บรักษาในขวดแก้วสีน้ำตาล

2.4 อัลคาไลน์รีเอเจนท์ (Alkaline reagent)

ละลาย 100 กรัม ของ Sodium citrate, $C_3H_4OH(COONa)_3.2H_2O$ และ 5 กรัม ของ Sodium hydroxide, NaOH ในน้ำกลั่น de-ionized 500 มล.

2.5 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (Sodium hypochlorite solution)

โซเดียมไฮโปคลอไรด์ (5.5% available chlorine) อาทิ เช่น คลอร็อก 1.5 N เก็บในขวดทึบแสง ปิดฝาให้แน่น

2.6 สารละลายออกซิไดซ์ซิง (Oxidizing solution)

ผสม 100 มล. ของอัลคาไลน์รีเอเจนท์ และ 25 มล. ของสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ควรเตรียมสำหรับการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

3. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ไนไตรท์

3.1 สารละลายซัลฟานิลาไมด์ (Sulfanilamide solution)

ละลาย 5 กรัม ของ Sulfanilamide, $C_6H_8N_2O_2S$ ในส่วนผสมของ Concentrated Hydrochloric acid 50 มล.และน้ำกลั่น 300 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 500 มล. สารละลายนี้สามารถเก็บรักษาไว้ได้หลายเดือน

3.2 สารละลายเอ็นอีดีไดไฮโดรคลอไรด์ (NED dihydrochloride solution)

ละลาย 0.5 กรัม ของ N-(1-naphthyl)-ethylnediamine dihydrochloride, $C_{12}H_{14}N_2.2H_2O$ ในน้ำกลั่น 500 มล. เก็บในขวดสีน้ำตาล ควรแช่ตู้เย็นและเตรียมใหม่เมื่อสารละลายเป็นสีน้ำตาล

4. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ไนเตรต

4.1 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น (Concentrated ammonium chloride solution)

ละลาย 125 กรัม ของ Ammonium chloride, NH_4Cl ในน้ำกลั่น 500 มล. เก็บรักษาในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

4.2 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง (Dilute ammonium chloride solution)

เจือจางสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 50 มล. ด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 2,000 มล. เก็บรักษาในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

4.3 Cadmium-copper filings

ใช้โลหะ Cadmium powder ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 มิลลิเมตร

4.4 สารละลายคิวปริกซัลเฟต (Cupric sulphate solution)

ละลาย 20 กรัม ของ $CuSO_4.5H_2O$ ในน้ำกลั่น 1000 มล.

4.5 2 N HCl

ริน 85 มล. ของ Concentrated Hydrochloric acid ลงในน้ำกลั่น 200 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 500 มล.

4.6 สารละลายซัลฟานิลาไมด์

เตรียมเช่นเดียวกับการหาปริมาณไนไตรท์ในน้ำ

4.7 สารละลายเอ็นอีดีไดไฮโดรคลอไรด์

เตรียมเช่นเดียวกับการหาปริมาณไนไตรท์ในน้ำ

5. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ออโธฟอสเฟต

5.1 สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (Ammonium molybdate solution)

ละลาย 15 กรัม ของ Ammonium molybdate, $(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$ ในน้ำกลั่น 500 มล. เก็บในขวดพลาสติกและไว้ในที่ไม่ถูกแสง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 สารละลายกรดซัลฟุริก (Sulfuric acid solution)

ริน 140 มล. ของ Concentrated Sulfuric acid ลงในน้ำกลั่น 500 มล. เก็บในขวดแก้ว

5.3 สารละลายกรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid solution)

ละลาย 27 กรัม ของ Ascorbic acid, $C_6H_8O_6$ ในน้ำกลั่น 500 มล. เก็บในขวดพลาสติกและแช่แข็งในตู้เย็น

5.4 สารละลายโปตัสเซียมแอนติโมนิลตาร์เตรท (Potassium antimonyl-tartrate solution)

ละลาย 0.34 กรัม ของ Potassium antimonyl-tartrate, $K(SbO)C_4H_4O_6.1/2H_2O$ ในน้ำกลั่น 250 มล. อุ่นถ้าจำเป็น เก็บในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

5.5 สารผสมรีเอเจนท์ (Mixed reagent)

ผสมสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 100 มล. สารละลายกรดซัลฟุริก 250 มล. สารละลายกรดแอสคอร์บิค 100 มล. และสารละลายโปตัสเซียมแอนติโมนิลตาร์เตรต 50 มล. ควรผสมรีเอเจนท์ นี้เมื่อจะทำการวิเคราะห์ในทันทีและไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 6 ชม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวธนิกา จินตนะพันธ์ เกิดเมื่อวันศุกร์ที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2516 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเลและการประมง คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย