สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
การบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งด้วยระบบบำบัดแบบชีววิทยา

(Wastewater Treatment from Shrimp Farm by Biological Process)

โดย

รตีวรรณ อ่อนรัศมี
ถิรพงษ์ ถิรมนัส
ดนัย บวรเกียรติกุล
รจฤดี โชติกาวินทร์

27 มี.ค. 2552
249265

เริ่มบริการ
30 มี.ค. 2552

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2541

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณอุทิศ ศิริไพบูลย์ คุณวิภา อ้นมงคล และอาจารย์ทวีพร ตัณฑิกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างน้ำจากนากุ้ง ขอขอบคุณ คุณเอนก แก้วกระจ่าง ที่กรุณาอนุเคราะห์เชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสีย ขอขอบคุณ คุณธนัญช์ สังกรธนกิจ ที่อนุเคราะห์เอกสารเพื่อประกอบการศึกษา และขอขอบพระคุณ คุณไพโรจน์ โชติกาวินทร์ และขอขอบคุณ คุณบำเพ็ญ ใจซื่อ คุณเอกรินทร์ สายศรีหยุด คุณรักชาติ เหรียญทอง และคุณประสิทธิ์ โชคช่วยพัฒนากิจ ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างน้ำ เป็นอย่างดี

การศึกษาครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2541 ของมหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

ด้วยถังปฏิกริยาแบบเลี้ยงการศึกษาทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากนากุ้งด้วยระบบบำบัดแบบชีววิทยา แบบจำลองที่ใช้ในการทดลองประกอบตะกอนเร่งตามด้วยบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนาง

การทดลองแบ่งเป็น 2 ชุดโดยป้อนน้ำเสียเข้าระบบแบบ Sequence Batch System กำหนดให้การทดลองชุดที่ 1 มีระยะเวลาเก็บกักในถังปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง คิดเป็น Organic loading 72.64 gBOD/m^3.d และระยะเวลาเก็บกักในบ่อสาหร่ายผมนางนาน 24 ชั่วโมง การทดลองชุดที่ 2 มีระยะเวลาเก็บกักในถังปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง คิดเป็น Organic loading 108.96 gBOD/m^3.d และระยะเวลาเก็บกักในบ่อสาหร่ายผมนางนาน 24 ชั่วโมง

ผลการทดลองพบว่า ระบบบำบัดที่ค่า Organic loading 72.64 gBOD/m^3.d และ Organic loading 108. .96 gBOD/m^3.d มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี 58.10 %และ49.25% ตามลำดับ สามารถลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ได้42.24%และ 35.69% ตามลำดับ ระบบยังสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ 84.91%และ 73.79% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าระบบสามารถลดความเค็มได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ABSTRACT

This study was an experiment testing wastewater from a shrimp farm using biological processes. The models consisted of completely mixed tanks and wetlands with *Gracilaria sp* as submerged plants.

The Sequence Batch Systems were divided into 2 sections according to the aeration time and the organic loading .

Section1 : The organic loading 72.64 gBOD/m^3.d,aeration time 6 hours , the hydraulic retention time in wetlands 24 hours.

Section2. The organic loading 108.96 gBOD/m^3.d, aeration time 4 hours , the hydraulic retention time in wetlands 24 hours.

The results show that the efficiency of BOD removal was 58.10% , and 49.25% for the organic loading of 72.64 gBOD/m^3.d , and 108.96 gBOD/m^3.d, respectively. It was also found that with the same organic loadings the efficiency of NH_3-N removal was 57.46%, and 47.84%, the efficiency of NO_3-N removal was 42.24%, and 35.69%, the efficiency of Suspended Solids was 84.91%, and 73.79%, respectively.

In addition, it was found that the efficiency of salinity removal was low.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 ทบทวนวรรณกรรม	4
3 วิธีดำเนินงานวิจัย	35
4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	43
5 สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ	52
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก ก สภาพนากุ้งกุลาดำ	62
ภาคผนวก ข รายละเอียดผลการทดลอง	70
ภาคผนวก ค การคำนวณ Organic Loading ของระบบ	79

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ผลผลิตกุ้งทะเลของโลกในปี พ.ศ.2533 – 2535	7
2.2	พื้นที่และจำนวนเกษตรกรเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลของไทยระหว่างปีพ.ศ.2526 –2535	8
2.3	พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเลของจังหวัดสุราษฎร์ธานี แยกตามรูปแบบการเพาะเลี้ยง พ.ศ.2530 – 2533	8
2.4	ผลกระทบของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	10
2.5	ผลกระทบของปริมาณออกซิเจนในน้ำต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง	11
2.6	คุณภาพน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	13
2.7	คุณภาพน้ำที่เหมาะสมพร้อมที่จะปล่อยโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและเพื่อวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงกุ้ง	13
2.8	คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากนากุ้งอายุ 5 เดือนในประเทศไทย	18
2.9	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	21
3.1	การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งในขั้นตอนต่างๆในระบบบำบัดจำลองตามพารามิเตอร์ในการทดลองบำบัดน้ำทิ้งแต่ละครั้ง (20 ครั้ง)	41
4.1	คุณลักษณะของน้ำในนากุ้งกุลาดำที่เพาะเลี้ยงมานานอายุประมาณ 2 เดือน	44
4.2	ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี	45
4.3	ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย –ไนโตรเจน	45
4.4	ค่าเฉลี่ยไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำออกจากระบบ	46
4.5	ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท-ไนโตรเจน	46
4.6	ประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอย	47
4.7	ค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าความเค็มของน้ำออกจากระบบบำบัด	48
4.8	คุณลักษณะของน้ำในถังปฏิกริยา	51
5.1	สรุปประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบชีววิทยาจำลอง ชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2	53

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การเกิดของเสียเนื่องจากอาหารเลี้ยงกุ้ง	16
2.2	แผนผังโครงสร้างนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิลของสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดเพชรบุรี	24
2.3	แผนผังโครงสร้างนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิลของเกษตรกรชาติผดุงกุล	25
2.4	ความสัมพันธ์ภายในนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิล : รูปแบบต่อห่วงโซ่อาหารธรรมชาติให้ครบวงจรภายในบ่อโดยไม่มีการระบายน้ำออกจากบ่อเลี้ยงกุ้ง	26
2.5	ความสัมพันธ์ภายในนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิล : รูปแบบต่อห่วงโซ่อาหารธรรมชาติให้ครบวงจรภายในบ่อโดยมีการระบายน้ำระหว่างเขตบ่อพรรณไม้น้ำร่วมกับสัตว์น้ำ	27
2.6	การใช้สารอินทรีย์เพื่อสร้างพลังงานและเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์	31
2.7	การบำบัดน้ำเสียโดย Sequencing Batch Reactor	32
2.8	โครงสร้างบึงประดิษฐ์	34
3.1	แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา	36
3.2	ถังปฏิกริยาของระบบบำบัดแบบชีววิทยา	37
3.3	บ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนาง	37
3.4	การเพาะเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์	39
4.1	การทดสอบการตกตะกอนของจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา	49
5.1	ประสิทธิภาพของระบบ	54

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากสถิติของ Asian Culture Council รายงานว่า ประเทศไทยสามารถผลิตกุ้งได้เป็นอันดับ 1 ของโลก ติดต่อกันเป็นเวลา 4 ปี (2534 - 2537) ทำรายได้ให้แก่ประเทศเป็นมูลค่าเฉลี่ยประมาณ 4,000 - 5,000 ล้านบาท/ปี (1) การเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศของเรามีการพัฒนารุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว การนำวิธีการเพาะเลี้ยงสมัยใหม่มาแทนการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ การนำสารเคมีตลอดจนอาหารเสริมชนิดต่าง ๆ เข้ามาใช้โดยปราศจากการจัดการที่ถูกต้อง จนก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามมา เช่น ปัญหาการเสื่อมโทรมของป่าชายเลน การสะสมของสารพิษอันอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ นอกจากนี้ยังทำความเสียหายต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการประมง ดังจะเห็นได้จากการทำนากุ้งในหลายพื้นที่บริเวณอ่าวไทยตอนในประสบความล้มเหลวไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ เนื่องจากปัญหามลพิษทางน้ำ (2)

นอกจากนี้ยังเป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าน้ำเสียจากนากุ้งจะมีแร่ธาตุและสารอาหารสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเพิ่มปริมาณแพลงค์ตอน และการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืชน้ำจนมากเกินกว่าที่แหล่งน้ำธรรมชาติจะรองรับได้ ทำให้แหล่งน้ำนั้นขาดออกซิเจนในเวลากลางคืน ไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำเมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายลงจะเป็นตะกอนสะสมเน่าเสียกลายเป็นปัญหามลพิษทางน้ำตามมา (2)

จากปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าว รัฐบาลจึงได้มีการกำหนดแนวนโยบายและหาวิธีการที่จะแก้ไขมิให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการเพาะเลี้ยงกุ้ง เพื่อให้อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งสามารถดำเนินต่อไปได้ดี เป็นผู้นำในอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งตลอดไป (3) วิธีการหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำจากนากุ้ง ได้แก่ การบำบัดน้ำเสียเพื่อลดปริมาณสิ่งสกปรกต่าง ๆ ในน้ำเสียให้น้อยลงจนสามารถที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาตินั้นเสื่อมลง และยังอาจนำน้ำที่ผ่านการบำบัดหมุนเวียนกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการค้นคว้า ทดลองโดยการประยุกต์ระบบบำบัดแบบชีววิทยามาใช้บำบัดน้ำเสียจากนากุ้ง โดยนำแนวคิดของกระบวนการบำบัดแบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (Activated Sludge) และการบำบัดโดยวิธีธรรมชาติ (Natural treatment systems) มา

ประยุกต์ใช้งานร่วมกัน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับนากุ้งต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากนากุ้งด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา
2. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียจากนากุ้งด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา
3. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอยในน้ำเสียจากนากุ้งด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. เป็นการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำเสียจากนากุ้ง
2. รูปแบบการทดลองเป็นลักษณะ Batch Experiment
3. เป็นระบบบำบัดจำลองแบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (Activated Sludge) และระบบบำบัดโดยใช้วิธีธรรมชาติ (Natural treatment)
4. น้ำทิ้งจากนากุ้งที่นำมาทดลองบำบัดมีค่า Organic loading 2 ระดับ คือ ประมาณ 74.88 gBOD/m^3d และ 112.32 gBOD/m^3d

1.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

1. ตัวแปรอิสระได้แก่ ระบบบำบัดแบบชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยระบบบำบัดแบบเลี้ยงตะกอนเร่งและการบำบัดโดยอาศัยพืชน้ำธรรมชาติ
2. ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณภาพน้ำหลังจากผ่านระบบบำบัด (การเปลี่ยนแปลง Organic loading) ประกอบด้วย
   - 2.1 บีโอดี (BOD)
   - 2.2 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)
   - 2.3 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen)
   - 2.4 ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen)

3. ตัวแปรควบคุม ได้แก่

   3.1 Dissolved Oxygen ในถังเติมอากาศ

   3.2 ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ชีววิทยาของกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำ มีชื่อในภาษาอังกฤษคือ Giant black tiger shrimp มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Penaeus monodon* Fabricius เป็นกุ้งทะเลในสกุล Penaeus ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด นอกจากนี้ยังมีชื่ออื่น ๆ ได้แก่ P. carinata Dana, P. tahitensis Heller, P. cocrulus Stebbing, P.semisulcatus exsulcatus Hilgendorf,P. monodon var. manillensis Villaluz and Arriola, P. buloulos Kubo , P.monodon monodon Burkenrcad

วงจรชีวิตของกุ้งกุลาดำ โดยธรรมชาติจะมีอายุประมาณ 18-24 เดือน วางไข่ที่ระดับน้ำลึกประมาณ 30-40 มิลลิเมตร ใกล้พื้นทราย ตัวอ่อนจะมีการพัฒนาผ่านระยะต่าง ๆ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงการลอกคราบดังนี้ (4,5)

1. ระยะตัวอ่อน (Embryo)

เป็นระยะหลังจากไข่ได้รับการปฏิสนธิแล้วจะมีสีเขียวค่อนข้างใสจมอยู่ที่พื้น ตัวอ่อนภายในไข่จะพัฒนาแบ่งตัวเป็นนอเพลียสอ่อน ภายในเวลา 11 ชั่วโมง

2. ระยะลูกกุ้งวัยอ่อน (Larva)

แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ตามการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างได้แก่

ระยะที่ 1 (Nauplius) ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 1-5 วัน ลูกกุ้งจะมีขนาดเล็กมาก และมีรูปร่างค่อนข้างกลม

ระยะที่ 2 (Zoea) ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 5 วัน ลูกกุ้งจะมีลำตัวยาวขึ้น หัวโตและค่อย ๆ ลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำ ลูกกุ้งจะเริ่มกินอาหารพวกแพลงค์ตอนพืชขนาด 50-100 ไมครอน

ระยะที่ 3 (Mysis) ระยะนี้จะมีการแยกส่วนหัวและส่วนท้ายอย่างชัดเจน บริเวณส่วนนอกมีเปลือกคลุมอยู่กับส่วนหัว เห็นกรีชัดเจน มีปล้องท้อง 6 ปล้อง มีแพนหางที่ขาเดินเริ่มมีข้อปล้องชัดเจนระยะนี้ลูกกุ้งจะกินแพลงค์ตอนพืชและสัตว์ขนาดเล็ก

ระยะที่ 4 (Postlarrva หรือ Megalopa) ลูกกุ้งจะมีขาเดิน 3 คู่ คู่แรกมองเห็นเป็นก้ามชัดเจน เป็นระยะที่มีรยางค์ครบ มีขากรรมไกรชัดเจน ชอบยึดเกาะไต่ตามขอบบ่อหรือริมน้ำ

3. ระยะวัยรุ่น (Juvenille)

ระยะนี้จะมีหนามที่ส่วนหัวและมีการเจริญของเหงือกที่สมบูรณ์การเคลื่อนไหวใช้ขาเดินและขาว่ายน้ำช่วย

4. ระยะลูกกุ้งชำ (Adolescent)

ระยะนี้มีอวัยวะครบเหมือนพ่อ แม่กุ้ง สามารถระบุเพศได้

5. ระยะวัยเจริญพันธุ์ (Subadult)

ระยะนี้กุ้งจะมีความสมบูรณ์ทางเพศ โดยตัวผู้ผลิตน้ำเชื้อและเก็บเอาไว้ในถุงเก็บ (Terminal ampules) หากมีการผสมพันธุ์ตัวเมียจะเก็บน้ำเชื้อใน Thelycum เพื่อรอการผสมพันธุ์ระหว่างกระบวนการวางไข่

6. ระยะกุ้งโตเต็มวัย (Adult)

กุ้งระยะนี้จะมีการสืบพันธุ์ที่สมบูรณ์แบบตัวเมียจะมีการลอกคราบทุก 18-21 วัน ส่วนตัวผู้จะลอกคราบทุก 23-30 วัน

2.2 การเพาะเลี้ยงกุ้ง

กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่สำคัญทางเศรษฐกิจมากอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกุ้งทะเล ความต้องการในการบริโภคได้เพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ปริมาณการจับกุ้งจากธรรมชาติแต่เพียงพออย่างเดียวไม่เพียงพอต่อความต้องการ เป็นผลให้มีการเลี้ยงกุ้งเพื่อผลผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค สำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.2.1 การเลี้ยงกุ้งแบบดั้งเดิม (Extensive Shrimp Culture)

เป็นการเลี้ยงกุ้งที่อาศัยพันธ์จากธรรมชาติแต่เพียงอย่างเดียว โดยระบายน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเข้านากุ้งในเวลาน้ำขึ้นและปิดประตูกักน้ำไว้เมื่อน้ำลง การเลี้ยงกุ้งด้วยวิธีนี้จะได้ลูกกุ้งจากแหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง เป็นการเลี้ยงที่ลงทุนน้อยและให้ผลิผลิตค่อนข้างต่ำ เนื่องจากอาจมีศัตรูของกุ้งเช่น ปู หอย ลูกปลา ปะปนเข้ามาด้วย ซึ่งปัจจุบันนี้วิธีการเลี้ยงกุ้งแบบนี้เกือบไม่มีเหลืออยู่แล้ว (6)

ชนิดของกุ้งที่พบในนากุ้งแบบดั้งเดิมชนิดที่สำคัญและสำรวจพบได้แก่

1. กุ้งแชบ๊วย (Penaeus merguiensis)
2. กุ้งตะกาด (Metapenaeus monoceros (M.ensis)
3. กุ้งหัวมันหรือกุ้งหลังไข่ (Metapenaeus brevicornis)
4 กุ้งขาว กรีสั้น (Metapenaeus lysianassa)
5 กุ้งกะต่อม (Macrobrachium equidens)
6. กุ้งแป๊ะแห (Palaemon sp.)

2.2.2 การเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนา (Semi-Intensive Shrimp Culture)

ได้แก่การนำพันธุ์กุ้งจากการเพาะเลี้ยงและบ่ออนุบาลกุ้งไปปล่อยรวมกับลูกกุ้งในนากุ้งแบบดั้งเดิมหรือแบบธรรมชาติและมีการให้อาหารเสริม ซึ่งผลผลิตที่ได้ยังไม่สูงมากนัก (7)

2.2.3 การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา (Intensive Shrimp Culture)

ได้แก่ การนำลูกกุ้งจากโรงเพาะพัก หรือ บ่ออนุบาลกุ้งมาเลี้ยงในนา ใช้พื้นที่บ่อขนาดเล็กประมาณ 5-10 ไร่ ใช้อุปกรณ์และเทคนิควิธีการเลี้ยงตลอดจนมีการจัดการในบ่อเลี้ยงที่ดี การเลี้ยงแบบพัฒนานี้ได้เริ่มต้นราว พ.ศ. 2530 และมีการขยายพื้นที่การเลี้ยงไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นการเลี้ยงที่ให้ผลตอบแทนต่อหน่วยการลงทุนสูงและการลงทุนก็สูงเช่นกัน (7)

ชนิดของกุ้งที่มีการเพาะเลี้ยงเพื่อนำไปเลี้ยงแบบพัฒนาที่นิยมกันมากในประเทศไทย ได้แก่

1. กุ้งกุลาดำ (Penaeus mondon)
2. กุ้งกุลาลาย (P.semisulcatus)
3. กุ้งแชบ๊วย (P. merguiensis

2.3 หลักพิจารณาในการเลือกสถานที่ทำนากุ้ง

1. ควรเป็นสถานที่ใกล้แหล่งน้ำจืดและน้ำเค็ม เพื่อความสะดวกและประหยัดในการทำคลองส่งน้ำเค็มเข้าสู่นากุ้งและเนื่องจากในฤดูร้อนน้ำในนากุ้งจะมีการระเหยออกไปทำให้ค่าความเค็มสูงจึงต้องใช้น้ำจืดช่วยรักษาระดับความเค็มให้เหมาะสม

2. ลักษณะของดิน ควรเป็นดินเหนียวเนื่องจากดินเหนียวมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี

3. เป็นบริเวณที่ลุ่มไม่ดอนมากนัก เมื่อน้ำขึ้นน้ำควรจะสูงกว่าระดับพื้นดินเดิมพอสมควร หากเป็นที่ลุ่มเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองเสียค่าใช้จ่านยในการทำคันดินและหากเป็นที่ดอนเกินไปอาจก่อให้เกิดความไม่สะดวกในการระบายน้ำเข้านา

4. ในกรณีที่เป็นการเลี้ยงแบบดั้งเดิม ควรเลือกพื้นที่ที่เป็นแหล่งที่มีลูกกุ้งอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากเกษตรกรต้องอาศัยลูกกุ้งจากแหล่งธรรมชาติโดยตรง

5. ใกล้ตลาดหรือแหล่งจำหน่าย ซึ่งจะมีข้อดีในเรื่องการลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง แต่คุณภาพน้ำบริเวณใกล้ตลาดมักมีคุณภาพต่ำอาจไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง

6. การคมนาคมสะดวก

7. คุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของแหล่งน้ำ ควรเลือกพื้นที่ที่คุณภาพของน้ำเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งโดยพิจารณาจากพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจน พีเอช ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น (8)

2.4 สถานการณ์การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

ประเทศไทยเรานั้นมีการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลกันอย่างกว้างขวางคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 5 แสนไร่ หรือคิดเป็นกำลังการผลิตกุ้งประมาณ 200,000 ตันต่อปีและได้มีการพัฒนามาโดยลำดับ ทั้งการขยายพื้นที่เพาะเลี้ยง และเทคนิคการเพาะเลี้ยง

สำหรับสถานการณ์การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทยนั้นได้สรุปแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ถึงตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 ผลผลิตกุ้งทะเลของโลก ในปี พ.ศ. 2533-3536

ประเทศ	ผลผลิต (ล้านตัน)			
	2533	**2534**	**2535**	**2536**
ไทย	110,000	153,000	163,000	168,000
เอควาดอร์	73,000	100,000	95,000	90,000
อินโดนีเซีย	120,000	140,000	130,000	80,000
อินเดีย	32,000	35,000	45,000	60,000
จีน	150,000	145,000	140,000	50,000
เวียดนาม	30,000	30,000	35,000	40,000
บังคลาเทศ	25,000	25,000	25,000	30,000
ไต้หวัน	30,000	30,000	25,000	25,-000
ฟิลิปปินส์	30,000	30,000	25,000	25,000
อื่น ๆ	32,000	45,000	46,000	54,000
รวม	632,900	733,100	729,000	622,000

ที่มา : อ้างอิงจากสิรี ทุกข์วินาม (8)

ตารางที่ 2.2 พื้นที่และจำนวนเกษตรกรการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลของไทยระหว่างปี พ.ศ.2526-2535

พ.ศ.	จำนวนเกษตรกร (ราย)	พื้นที่ (เฮคเตอร์)
2526	4,519	36,792
2527	4,939	40,769
2528	5,534	45,368
2529	5,899	44,770
2530	10,246	54,778
2531	12,545	71,165
2532	15,072	64,606
2533	18,998	75,332
2534	19303	72,796
2535	18,559	77,632

ที่มา : อ้างอิงจากสิรี ทุกข์วินาม (8)

ตารางที่ 2.3 พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จังหวัดสุราษฎร์ธานี แยกตามรูปแบบการเพาะเลี้ยง พ.ศ. 2530-2533

วิธีการเพาะเลี้ยง	พื้นที่เพาะเลี้ยง (ไร่)				อัตราการขยายตัว (ร้อยละ/ปี)
	2530	2531	2532	2533	
แบบธรรมชาติ	22,138	24,265	26,866	24,678	3.82
แบบกึ่งพัฒนา	1,411	9,703	13,624	22,799	505.27
แบบพัฒนา	808	3,105	5,357	6,268.87	225.28
รวม	24,357	37,073	45,847	53,745,87	40.22

ที่มา : สำนักงานประมงจังหวัดสุราษฎร์ธานี (2)

2.4 คุณภาพของน้ำในการเลี้ยงกุ้งทะเล

น้ำเป็นหัวใจสำคัญของการเลี้ยงสัตว์น้ำ เพราะเป็นทั้งที่อยู่อาศัย ที่หลบภัย เจริญเติบโต กินอาหารและสืบพันธุ์ หากคุณภาพน้ำไม่ดีพอจะส่งผลถึงการเจริญเติบโตของกุ้ง และอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้กุ้งเป็นโรคหรือตายได้ ประกอบกับการเลี้ยงกุ้งในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาทำให้สภาพสิ่งแวดล้อมภายในบ่อเลี้ยงหรือนากุ้งเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพธรรมชาติ คุณลักษณะของน้ำที่สำคัญและมีผลต่อการเลี้ยงกุ้ง ได้แก่

2.4.1 ความเค็ม

ความเค็มมีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำอย่างมีนัยสำคัญโดยมีความสัมพันธ์แบบผกผัน กล่าวคือเมื่อความเค็มของน้ำในการเลี้ยงกุ้งมีค่าสูงกว่าระดับที่เหมาะสมอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งจะลดลง แต่หากความเค็มอยู่ในระดับที่เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงความเค็มจะไม่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโต (4) ความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งจึงควรอยู่ช่วง 15-25 ppt (9) โดยทั่วไปแล้วกุ้งกุลาดำสามารถทนความเค็มได้และทนอยู่ในน้ำจืดได้ระยะหนึ่ง แต่ช่วงความเค็มที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 10-25 ppt (10) ความเค็มที่ต่ำกว่านี้กุ้งอาจอยู่ได้ แต่การเจริญเติบโตจะไม่ดี ค่า isomotic นี้จะเป็นระดับความเค็มที่กุ้งมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด การที่ความเค็มของน้ำสูงกว่าค่า isomotic กุ้งจะมีการปรับตัวแบบ Hypo-osmoregulation ซึ่งต้องใช้พลังงาน ทำให้พลังงานที่ควรใช้ในการเจริญเติบโตลดลง (4)

2.4.2 อุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อขบวนการเมตาโบลิซึมของสิ่งมีชีวิต อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำจะอยู่ในช่วง 25-33 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงเกินไปกุ้งจะมีการงอตัวเนื่องจากการเกร็งของกล้ามเนื้อ แต่หากอุณหภูมิต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส กุ้งจะไม่ว่ายน้ำและหยุดการกินอาหาร และตายเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 14 องศาเซลเซียส นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อปัจจัยอื่น ๆ ทีเกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ เป็นต้น (4)

2.4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อสมดุลย์ของอิออนในตัวสัตว์น้ำ pH ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งควรมีค่าอยู่ในช่วง 7.5-8.9 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น คุณสมบัติของดิน, ปริมาณของเสียต่าง ๆ ที่กุ้งปล่อยออกมา, ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ, สิ่งมีชีวิตในนากุ้ง, ฝน เป็นต้น การที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมากจะทำให้น้ำเป็นกรด ซึ่งมักเกิดขึ้นในเวลากลางคืนถึงเช้ามืด เนื่องจากสิ่งมีชีวิตในบ่อหายใจออกเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณีที่ฝนตก น้ำฝนค่อน

ข้างมีสภาพเป็นกรด หากฝนตกเป็นปริมาณมากจะมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในบ่อ ผลกระทบของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไป เป็นดังนี้ (4,9,10)

ตารางที่ 2.4 ผลกระทบของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ค่าความเป็นกรดด่าง	ผลกระทบ
4	ตาย
4-6	เจริญเติบโตช้า
6-9	เหมาสมต่อการเจริญเติบโต
9-11	เจริญเติบโตช้า
11	ตาย

สำหรับน้ำกร่อยมีคุณสมบัติในการต้านไม่ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างมักไม่ต่ำกว่า 6.5 หรือสูงกว่า 9 ค่าความเป็น-ด่างจึงไม่ค่อยมีปัญหากับการเลี้ยงกุ้ง (10)

2.4.4 ความขุ่นใสของน้ำ

ความขุ่นใสของน้ำขึ้นอยู่กับสารแขวนลอยในน้ำซึ่งเป็นพวกตะกอนดิน แพลงค์ตอน และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ความขุ่นใสมีผลต่อตัวกุ้ง เพราะกุ้งสามารถใช้ความขุ่นใสในการพรางตัว ในช่วงกลางวันที่มีแดดจะไม่พบกุ้งตามบริเวณขอบบ่อที่น้ำตื้น แต่จะพบกุ้งในตอนกลางคืน(9)

2.4.5 สีของน้ำ

เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ในน้ำพวกแพลงค์ตอน ไดอะตอมเป็นแพลงค์ตอนพืชที่เหมาะสมควรมีอยู่ในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ช่วยในการเจริญเติบโต เพราะเป็นอาหารของกุ้ง ช่วยลดแสงที่ส่องผ่านน้ำ ลดความเป็นพิษของแอมโมเนีย สีน้ำที่ดีอยู่ในช่วงสีเขียวอมน้ำตาล การเปลี่ยนน้ำจะเป็นการควบคุมปริมาณแพลงค์ตอนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ การทำสีน้ำในตอนเตรียมบ่อทำได้โดยการใส่ปุ๋ย เช่น สูตร 16-20-0 หรือ 15-15-15ถ้ามีจำนวนแพลงค์ตอนมากเกินไปจะมีผลต่อประมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และpH ของน้ำ อาจใส่พวกทองแดง (Copper,Cu^{2+}) ความเข้มข้น 0.2-2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อควบคุมแพลงค์ตอนพืช แต่การใช้ทองแดงอาจมีผลเสียเช่นกัน ควรใช้อย่างระมัดระวัง (9)

2.4.6 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เป็นตัวสำคัญที่สุดเกี่ยวกับคุณภาพน้ำในนากุ้ง ทั้งนี้ยังมีผลต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโตและสุขภาพของกุ้ง การละลายน้ำของออกซิเจนนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความกดอากาศ และความเค็มของน้ำ ซึ่งกุ้งทะเลมีความต้องการออกซิเจนในปริมาณมาก ถ้าหากปริมาณออกซิเจนลดลงมาก ๆ กุ้งจะเริ่มอ่อนแอ การเจริญเติบโตไม่ดีหรืออาจทยอยตายได้ ดังนั้นปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่เหมาะสม คือ ไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (9)

ตารางที่ 2.5 ผลกระทบของปริมาณออกซิเจนในน้ำต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง

ปริมาณออกซิเจน	ผลกระทบ
มากกว่า 1 มก/ล	ตายถ้าสัมผัสในระยะยาวเกินกว่า 2-3 ชม.
1-5 มก/ล	การเจริญเติบโตช้า ถ้าระดับออกซิเจนต่ำอยู่ติดต่อกันเรื่อย ๆ
5 มก/ล - จุดอิ่มตัว	เป็นสภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการเจริญเติบโต
เหนือจุดอิ่มตัว	อาจเป็นอันตรายได้ ถ้าสภาวะเกินจุดอิ่มตัวเป็นไปทั้งบ่อ แต่โดยทั่วไปจะไม่ค่อยเป็นปัญหา

ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำ จะมีค่าต่ำสุดในตอนเช้า และมีค่าสูงสุดในช่วงบ่าย เนื่องมาจากในตอนกลางวันพืชเล็ก ๆ ในน้ำจะทำการสังเคราะห์แสงทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้น ส่วนในเวลากลางคืนการสังเคราะห์แสงจะหยุดและสิ่งมีชีวิตในบ่อจะใช้ปริมาณออกซิเจนลดลง ปริมาณออกซิเจนลดลงตามระดับความลึกของบ่อ คือ ค่าออกซิเจนจะเป็น 0 มล/ล ที่ระดับ 1.5 หรือ 2 เมตร ดังนั้น ในปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาจึงมักขุดบ่อค่อนข้างลึกคือ ประมาณ 1.5-2 เมตร และใช้เครื่องตีน้ำเพื่อช่วยการละลายของออกซิเจนลงในน้ำให้มากขึ้น

การควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำให้เหมาะสมโดยใช้เครื่องเติมออกซิเจน การเปลี่ยนถ่ายน้ำ และการควบคุมปริมาณอาหารไม่ให้เหลือตกค้างมากเกินไป (11)

2.4.7 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจน เกิดจากการเน่าสลายของสารอินทรีย์ต่าง ๆ พวกของเสียที่ขับถ่ายจากกุ้ง เศษอาหาร และแพลงค์ตอนที่ตายทับถมกันอยู่ก้นบ่อ แอมโมเนียจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งในขณะที่เกิดการสะสม

แอมโมเนียมากจะทำให้กุ้งขับแอมโมเนียออกจากตัวได้ยากลำบาก เกิดการสะสมแอมโมเนียในตัวกุ้งโดยเฉพาะในเลือดและเนื้อเยื่อ เหงือกถูกทำลายหายใจไม่ออก อ่อนแอติดโรคได้ง่ายขึ้น

แอมโมเนียที่ละลายในน้ำมี 2 รูป คือ ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และแอมโมเนียไอออน (NH_4^+) ซึ่งก๊าซแอมโมเนียจะเป็นพิษต่อตัวกุ้ง พบมากเมื่อน้ำมี pH มากกว่า 9 ส่วนแอมโมเนียไอออนไม่แสดงค่าความเป็นพิษ พบมากเมื่อน้ำมี pH น้อยกว่า 8.5 ระดับความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำจะอยู่ที่ความเข้มข้น 0.4-2 มก/ล ของแอมโมเนียในรูป NH_3

แอมโมเนียที่เกิดจากกุ้งและการย่อยสลายของแบคทีเรียสามารถกำจัดได้หลายทาง ได้แก่การดูดซึมโดย Cyanobacteria และพืชน้ำที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ การตากบ่อให้พื้นบ่อสัมผัสอากาศเพื่อลดปริมาณแอมโมเนียลง การเปลี่ยนน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อควบคุมแพลงค์ตอนไม่ให้มากเกินไป (9,10,12,13)

2.4.8 ไนไตรท์-ไนเตรท

ขบวนการที่แอมโมเนียเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ และไนเตรท ตามลำดับ เรียกว่า ขบวนการไนตริฟิเคชั่น ซึ่งมีจุลินทรีย์ในน้ำชนิดหนึ่งคือ ไนโตรโซโมแนสสามารถเปลี่ยน$NH_4^+ \rightarrow NO_2^-$ ได้ แต่ NO_2^- ไม่ค่อยอยู่ตัว จึงมีจุลินทรีย์อีกประเภทหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงไนไตรท์เป็นไนเตรทคือ ไนโตรแบคเตอร์ ซึ่งจะอยู่ตัวมากกว่า

ไนไตรท์ จะสะสมระดับพิษได้ในบางครั้งโดยเฉพาะในแพลงค์ตอนตาย ความเข้มข้นของไนไตรท์ไม่ควรเกิน 0.1 มก/ล และไนเตรทไม่ควรกิน 200 มก/ล (9,13)

2.4.9 คาร์บอนไดออกไซด์

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิต จะพบปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำหรือในบ่อเลี้ยงกุ้งเป็นปริมาณมากถ้าหากมีการเน่าเสียของน้ำอย่างรุนแรง หรือส่วนใหญ่แล้วมักพบคาร์บอนไดซ์ปริมาณมากในเวลากลางคืน ทั้งนี้เนื่องจากแพลงต์ตอนไม่ได้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง

2.4.10 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจาการเน่าสลายของสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย และจะพบมากในกรณีที่บ่อเลี้ยงกุ้งอยู่ในสภาพขาดออกซิเจน ซึ่งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อยู่ในน้ำจะมีด้วยกันหลายรูป เช่น H_2S, HS^- และ S^{2-} แต่ชนิดที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ได้แก่ H_2S เนื่องจากจะไปยับยั้งการแลกเปลี่ยนออกซิเจนภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แต่ความเป็นพิษของ H_2Sยังขึ้นอยู่กับ ค่าพีเอชของน้ำและอุณหภูมิของน้ำ ถ้าหาก ค่า

พีเอชต่ำ ปริมาณ H_2S จะมีความเป็นพิษสูง และถ้าอุณหภูมิของน้ำสูง ปริมาณ H_2S จะมีความเป็นพิษสูงขึ้น ดังนั้นปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบ่อเลี้ยงกุ้งควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 2.6 คุณภาพน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (15)

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น
ความเค็ม	10-25 ppt
ปริมาณออกซิเจนละลาย	4-9 mg/l
อุณหภูมิ	28-31°C
ค่าความเป็นกรด -ด่าง	7.5-8.5
ค่าความเป็นด่าง	80-160 mg/l
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.05-1 mg/l
ไนเตรท-ไนโตรเจน	< 4.5 mg/l
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	<0.2 mg/l

ตารางที่ 2.7 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมพร้อมที่จะปล่อยโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและเพื่อวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงกุ้ง (16)

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น
ความเค็ม	15-32 ppt
ปริมาณออกซิเจนละลาย	>4 mg/l
ค่าความเป็นกรด -ด่าง	7-9
ค่าความเป็นด่าง	80-200 mg/l
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	<0.01 mg/l
ไนเตรท-ไนโตรเจน	< 0.10 mg/l
ไนไตรท์-ไนโตรเจน	<0.11 mg/l
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	0.002 mg/l
ออโธฟอสเฟต	<0.01 mg/l
บีโอดี	< 4.0 mg/l
สารแขวนลอย	<25.0 mg/l

2.6 จุลินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง

2.6.1 แบคทีเรีย

ชนิดของแบคทีเรียที่พบมากในน้ำเค็มได้แก่ กลุ่ม Vibrio spp. โดยพบสูงถึง 80% ของปริมาณแบคทีเรียรวม มีรายงานการวิจัยพบว่าในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณแบคทีเรียรวม 100 -10,000 CFU/ml ปริมาณของแบคทีเรียจะขึ้นกับความหนาแน่นของกุ้งที่ปล่อยลงเลี้ยงและปริมาณอาหารที่เหลือตกค้างในบ่อ สำหรับปริมาณแบคทีเรียในดินตะกอนก้นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีรายงานตรวจพบ 1.3×10^8 ถึง 1.2×10^9 CFU/gram และพบว่าปริมาณแบคทีเรียในดินจะเพิ่มสูงขึ้นตามช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งแบคทีเรียในนากุ้งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคในนากุ้ง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายของเสียในนากุ้งอีกด้วย (5,14)

2.6.2 ฟังไจ

มีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย สามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วและย่อยสลายสารที่มีความซับซ้อนให้แตกตัวได้แต่ฟังไจบางชนิดเป็นสาเหตุของการทำให้ปลาและกุ้งเป็นโรค

2.6.3 โปรโตซัว

โปรโตซัวเป็นสัตว์เซลเดียวที่มีขนาดเล็ก และกินสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นอาหาร ในบ่อกุ้ง โปรโตซัวไม่มีบทบาทที่สำคัญมากนัก ถ้าหากมีการรักษาคุณภาพน้ำในบ่อกุ้งให้สะอาดอยู่เสมอ

2.6.4 อัลจี

อัลจีหรือบางทีเราเรียกว่า "สาหร่าย" อัลจีที่เป็นอันตรายต่อบ่อเลี้ยงกุ้ง คือ อัลจีประเภทเซลเดียว ซึ่งมีขนาดเล็กจะสามารถเจริญเติบโตได้ดี ถ้าหากในบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซี่ยมมาก ซึ่งธาตุอาหารเหล่าส่วนใหญ่แล้วมาจากปุ๋ย อาหารกุ้ง และ ของเสียและสิ่งขับถ่ายต่าง ๆ ในบ่อกุ้ง

อัลจีใช้แสงแดดในการปรุงอาหาร และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ในเวลากลางคืนถ้าหากในน้ำมีปริมาณสาหร่ายมาก สาหร่ายจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเป็นจำนวนมาก และละลายน้ำทำให้เกิดกรดคาร์บอนิคแอซิด ทำให้พีเอชในน้ำลดลง เป็นอันตรายต่อกุ้งกุลาดำในนากุ้ง

ถ้าหากในนากุ้งลักษณะของน้ำเป็นสีเขียว เนื่องจากมีอัลจีอยู่มากจะต้องมีการถ่ายน้ำสะอาดเข้าสู่นากุ้ง ซึ่งเป็นการแก้ไขเฉพาะหน้า จะทำให้ในกรณีที่สามารถเปลี่ยนน้ำในบ่อได้เท่านั้น แต่ทางกรมประมงได้ให้ข้อแนะนำว่า ให้หาวิธีที่ทำให้สาหร่ายเกิดการตกตะกอนนอนก้น แล้วดูดเอาดินเลนที่มีสาหร่ายปนอยู่ด้วยทิ้งไปส่วนน้ำใสให้รีบเติมอากาศ เพื่อให้มีปริมาณออกซิเจนกระจายอย่างทั่วถึง

2.6.5 ไวรัส

ไวรัสเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่สุด ซึ่งบางชนิดเป็นโรคของมนุษย์ โรคของสัตว์ และพืชแต่ในบ่อเลี้ยงกุ้ง ไวรัสไม่มีผลต่อการเลี้ยงกุ้ง

2.6.6 แพลงค์ตอน

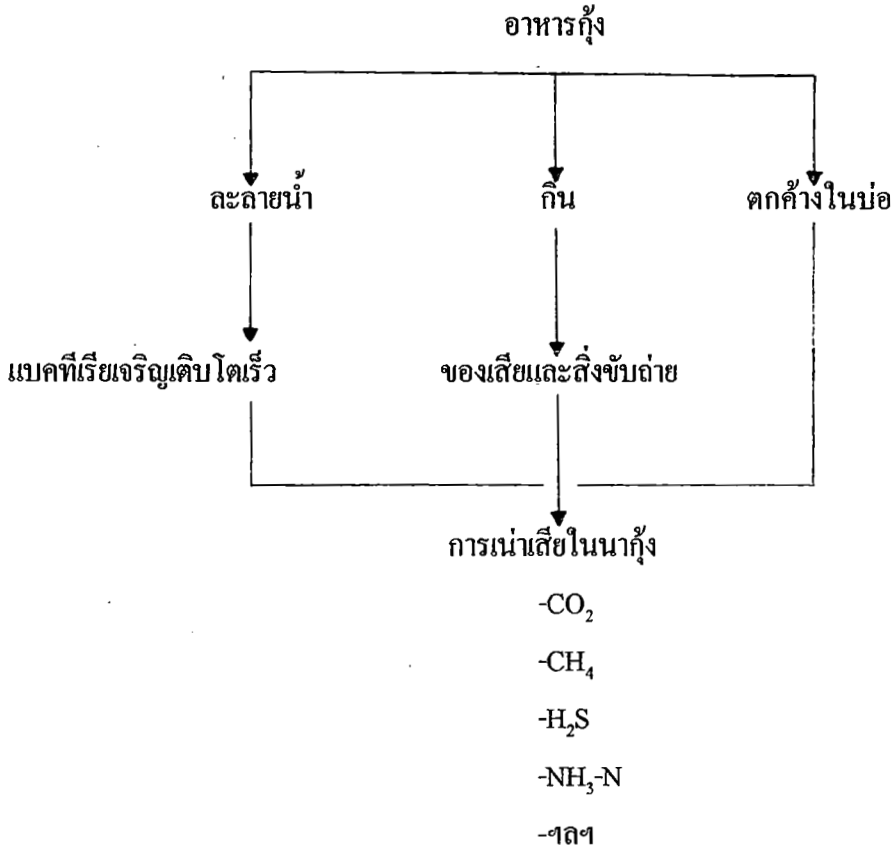
แพลงค์ตอน คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อยู่ในน้ำ แพลงค์ตอนเหล่านี้อาจแยกออกเป็นแพลงค์ตอนพืชและแพลงค์ตอนสัตว์ ถ้าหากแพลงค์ตอนอยู่ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่มีระบบการหมุนเวียนดี จะเป็นบ่อเกิดแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ที่สุด

2.7 ของเสียจากนากุ้ง

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าการเพาะเลี้ยงกุ้งนับเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากการเลี้ยงโดยขาดระบบการจัดการที่ดี มีการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจนเกินกว่าอัตราการย่อยสลายที่ธรรมชาติจะรองรับไว้ได้ การเลี้ยงกุ้งที่มีความหนาแน่นสูงจะทำให้เกิดการสะสมของมลสารหรือของเสียมากขึ้น ทำให้คุณภาพน้ำเลวลง สำหรับสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียในนากุ้งได้แก่

2.7.1 อาหารกุ้ง

อาหารกุ้งแบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่ อาหารสด และอาหารแห้งหรืออาหารเม็ดอาหารกุ้งส่วนใหญ่ ประกอบด้วยสารอินทรีย์ถึง 90% นอกจากนี้ยังมีสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณสูงถึง 77.5% และ 86% ตามลำดับ(2/6),(2/9) สำหรับอาหารเลี้ยงกุ้งชนิดเม็ดมีรายงานการพบปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงถึง 94.29% และ 91.06% การให้อาหารกุ้งในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้มีอาหารเหลือตกค้างเกิดการเน่าเสียขึ้น นอกจากนี้สาเหตุของการเน่าเสียของน้ำเนื่องจากอาหารกุ้ง ยังได้แก่ อาหารที่ละลายน้ำทำให้แบคทีเรียในนากุ้ง มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดน้ำเสียได้อีกด้วย ปริมาณดินเลนที่มากเกินไปก็นับเป็นอีกสาเหตุหนึ่ง เนื่องมาจากอาหารจะตกลงและจมตัวอยู่ในดินเลนเกิดการตกค้างขึ้น ทำให้เกิดสภาวะน้ำเน่าเสียขึ้นได้เช่นกัน (14,16)



ภาพที่ 2.1 การเกิดของเสียเนื่องจากอาหารเลี้ยงกุ้ง

2.7.2 สาหร่าย

สภาวะที่มีสาหร่ายเจริญมากผิดปรกติจะสังเกตุได้จากสภาพน้ำที่มีสีเขียวจัดและขุ่นข้น สาหร่ายจะเกิดการสังเคราะห์แสงในเวลากลางวัน แต่ในช่วงเวลากลางคืนนั้น สาหร่ายจะดึงเอาออกซิเจนที่ละลายน้ำไปใช้ในการหายใจ ทำให้ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำลดต่ำลง นอกจากนี้ยังอาจเกิดกลิ่นและสารพิษอันเนื่องมาจากการตายและจมลงก้นบ่อของสาหร่ายทำให้เกิดสภาพไร้อากาศขึ้น ทำให้เป็นสาเหตุหนึ่งของการเน่าเสียของน้ำ (14,16,17)

2.7.3 ขี้แดด

ขี้แดดคือสาหร่ายแผ่น ส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับนากุ้งที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ และพื้นที่ตื้น ทำให้แดดส่องถึงก้นบ่อ จึงทำให้สาหร่ายและตระไคร่เกิดขึ้นที่ก้นบ่อ พอนาน ๆ เข้าก็เกิดเป็นแผ่นหนา ทำให้มีแรงยึดติดกับพื้นบ่อน้อยลง กอปรกับการที่แดดส่องถึงทำให้มีการสังเคราะห์แสงและเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น มีบางส่วนระเหยไปกับน้ำและบางส่วนอาจจะดันแผ่นสาหร่าย

ดังกล่าวขึ้นทำให้เกิดการหลุดของแผ่นสาหร่ายสู่ผิวน้ำในนา ทำให้เกิดพื้นที่ว่างขึ้น พื้นที่ที่ว่างก็จะเกิดการแทนที่ใหม่อีก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปุ๋ยของสาหร่ายที่ได้รับ ซึ่งได้จากการเน่าเสียของขบวนการสลายโปรตีนภายในนา ถ้าหากมีการเน่าเสียมากก็จะเกิดขี้แดดมากเช่นกัน

เมื่อสาหร่ายหลุดลอยอยู่บนผิวน้ำ และเกิดคลื่นซัดทำให้แตกกระจายเป็นชิ้นเล็ก ๆ และจมลงสู่ก้นนา ถ้าหากแสงแดดส่องไม่ถึง ทำให้สาหร่ายตายเกิดการเน่า ทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์ จุลินทรีย์ในน้ำมากขึ้น ทำให้มีการแย่งออกซิเจนมากขึ้นก่อให้เกิดภาวะน้ำเสียเป็นอันตรายต่อกุ้งได้

ถ้าหากพบขี้แดดลอยอยู่เหนือผิวน้ำ จะต้องทำการกำจัดออกโดยทันทีและถ้าหากมีน้ำเน่าอาจต้องทำการถ่ายน้ำหรือเติมอากาศในน้ำ เพื่อรักษาชีวิตของกุ้งไว้

2.7.4 ตะกอนดินเลน

ตะกอนดินเลนเป็นส่วนที่ทำให้นากุ้งเกิดการตื้นเขิน ซึ่งตะกอนดินเลนในนากุ้งเกิดขึ้นมากจากการขับถ่ายของกุ้งและอาหารที่เหลือ ดังนั้นจึงต้องมีการตักดินตะกอนทิ้ง ส่วนใหญ่แล้วจะนำไปทำปุ๋ยเนื่องจากในดินตะกอนมีปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมาก แต่ถ้าหากในดินตะกอนมีความเค็มสูงจะนำไปใช้ในการถมที่

2.7.5 ขี้กุ้งและสิ่งขับถ่าย

องค์ประกอบของขี้กุ้งและสิ่งขับถ่ายส่วนใหญ่เป็นพวกโปรตีน นอกจากนี้ยังประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและไฟเบอร์ที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง ผุพังสลายตัวต่อไป ทั้งขี้กุ้งและสิ่งขับถ่ายก็ยังเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกแบคทีเรีย จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำเกิดการเน่าเสียได้ง่าย

2.8 คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากนากุ้ง

ของเสียจากนากุ้งแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

ก. ของเสียที่เป็นของแข็ง (solid matter) ส่วนใหญ่เกิดจากอาหารกุ้งที่ตกค้างในบ่อ สิ่งขับถ่าย แพลงค์ตอนพืช และแบคทีเรีย

ข. ของเสียละลายได้ (Dissolved matter) เช่น แอมโมเนีย, ยูเรีย, คาร์บอนไดออกไซด์, ฟอสฟอรัส กรดอะมิโน, โปรตีน, ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต, เกลือแร่ และแบคทีเรีย (18,19)

น้ำทิ้งจากนากุ้งจะอุดมไปด้วยสารอาหารและสารอินทรีย์ มีรายงานการว่า ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในอาหารกุ้งนั้น กุ้งจะนำไปใช้เพียง 21.08 $\pm$2.635 และ 5.81 $\pm$0.76 % ตามลำดับ ส่วนที่เหลือจะตกค้างอยู่ในนากุ้งส่งผลให้แพลงค์ตอนพืชและแบคทีเรียมีการเจริญเติบโตอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำทิ้งจากนากุ้งจะมีแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในปริมาณสูงอีกด้วย (18)

ตารางที่ 2.8 คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากนากุ้งอายุ 5 เดือนในประเทศไทย

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น
ความเค็ม	10-35 ppt
ปริมาณออกซิเจนละลาย	4-7.5 mg/l
อุณหภูมิ	22-35°C
ค่าความเป็นกรด -ด่าง	7.5-8.9
ปริมาณฟอสฟอรัส	0.05-0.40 mg/l
ปริมาณไนโตรเจน	0.50 - 3.40 mg/l
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.05-0.65 mg/l
คลอโรฟิลล์ เอ	20- 250 ug/l
ปริมาณของแข็งแขวนลอย	30-190 mg/l

ที่มา : Kriengkrai Satapornvanit (18)

2.9 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจาการทำนากุ้ง

แม้ว่าจะมีรายงานว่าค่าความสกปรกของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าน้อยกว่าน้ำเสียจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสหากรรม (19) แต่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาหรือแบบหนาแน่นเป็นจำนวนมากย่อมก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมขึ้น ซึ่งสรุปได้ดังนี้ (16)

2.9.1 ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติเนื่องจากการรองรับน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

2.9.2 ผลกระทบต่อแหล่งน้ำจืด เนื่องจากการปล่อยน้ำทิ้งจากนากุ้งเป็นปริมาณมาก รวมถึงตะกอนเลนจากนากุ้งซึ่งมีความเค็มสูง ทำให้แหล่งน้ำจืดแหล่งน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดินถูกลุกล้ำจากน้ำเค็มจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ดังเดิน ตัวอย่างเช่น เช่น เมื่อ 2 ปีที่ผ่านมา จังหวัดสงขลาและจังหวัดนครศรีธรรมราชต้องเผชิญกับปัญหากับแหล่งน้ำจืดถูกรุกล้ำด้วยน้ำเค็มจากการเลี้ยงกุ้ง ทำให้น้ำจืดที่เคยใช้ประโยชน์เพื่อการทำน้ำประปา การเกษตรกรรม ไม่สามารถใช้ได้ ปัจจุบันนเกษตรกรนากุ้งยังใช้วิธีการสูบน้ำจากทะเลเพื่อใช้ในการทำนากุ้งอยู่เช่นเดิม ถึงแม้ว่าวิธีการที่นำน้ำจืดมาใช้ผสมกับน้ำเค็มจะหยุดใช้แล้วก็ตาม แต่ปัญหาดังกล่าวก็ยังไม่ได้รับการแก้ไขเช่นเดียวกัน และจะมีปัญหามากขึ้นในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิตจากนากุ้ง และการล้างบ่อ (2,20)

2.9.3 ผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรม ประเภทอื่น เนื่องมาจากการขาดการจัดการระบบน้ำที่ดี ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลง ทำให้ดินเค็มซึ่งส่งผลระทบต่อพื้นที่ทำนาข้าว ทำให้ผล

ผลิตตกต่ำจนถึงขั้นไม่สามารถทำนาได้ประวิทย์ โตวัฒนะและพิภพ ปราบณรงค์ ได้ทำการศึกษาการสะสมตัวและการเคลื่อนที่ของไอออนจากน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งในหน้าตัดดินในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา พบว่า น้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งได้ชะล้างแคลเซียมออกไปจากดินที่ระดับความลึกตั้งแต่ 100-130 ซม. จากผิวดิน และน้ำแคลเซียมมาสะสมที่ระดับความลึกที่มากกว่า 140 ซม. อย่างไรก็ตาม การสะสมตัวของไอออนของธาตุต่าง ๆ ที่พบในดินของการศึกษานี้มีปริมาณไม่มากพอที่จะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและทรัพยากรดิน (21)

2.9.4 ผลกระทบต่อพื้นที่ป่าชายเลน ป่าชายเลนเป็นแหล่งอุดมสมบูรณ์เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์และพืชหลายหลายชนิด ประเทศต่าง ๆ หลาย ๆ ประเทศจะต้องสูญเสียป่าชายเลนเพื่อนำพื้นที่ดังกล่าวมาทำเป็นนากุ้ง.และบ่อปลา

ในปี ค.ศ. 1995 จากภาพถ่ายดาวเทียม พบว่า มีการบุกรุกทำลายป่าชายเลนกันมาก เพื่อใช้ในการทำนากุ้งถึง 31.9% ของป่าชายเลนที่มีอยู่ นอกจากนี้ยังถูกทำลายด้วยเหตุผลอื่นๆ อีกด้วย ซึ่งการทำนากุ้งส่วนใหญ่จะใช้น้ำจากทะเลสูบเข้าสู่บ่อเลี้ยงกุ้ง ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งจึงมักตั้งอยู่บริเวณป่าชายเลนหรือใกล้กับทะเลมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตและลดค่าใช้จ่ายอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการที่ทำนากุ้งบริเวณใกล้กับป่าชายเลนหรือใกล้กับทะเลมาก ๆ จะส่งผลถึงคุณลักษณะของดินในบริเวณดังกล่าวเนื่องจากบริเวณป่าชายเลนดินจะมีกรดแร่โลหะและกัมมะถันอยู่ ทำให้บริเวณพื้นนั้นมีค่าความเป็นกรดสูงและ ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าต่ำ (2,20) บริเวณดังกล่าวยังเป็นดินอ่อนมีรากพืชอยู่มากไม่เหมาะแก่การทำนากุ้ง นอกจากนี้มีการสร้างบ่อหรือนากุ้งบริเวณป่าชายเลนจะทำให้บริเวณนั้นมีปริมาณซัลเฟตมาก

ในปี ค.ศ. 1989 Chua ได้ทำการศึกษาพบว่าในบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีการเลี้ยงกุ้งบริเวณป่าชายเลนเมื่อดินในบ่อเลี้ยงกุ้งแห้งลง จะทำให้เกิด FeS_2ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกรดกำมะถันในนากุ้งมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง และทำให้เกิดสารพิษอลูมิเนียมซัลเฟตขึ้นได้

2.9.5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่งทะเลน้ำทิ้งและตะกอนดินเลนจากนากุ้งกุลาดำที่ปล่อยออกสู่ชายฝั่งทะเลทำให้มีผลกระทบต่อชายฝั่งทะเลคือจะทำให้เกิดแพลงค์ตอนพืชจำนวนมากตามบริเวณชายฝั่งทะเล ถ้าการเพิ่มธาตุอาหารบริเวณชายฝั่งมีไม่มากจะไม่เป็นโทษและก่อให้ประโยชน์ต่อระบบนิเวศน์วิทยา โดยเฉพาะพวกแพลงค์ตอน แต่เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา ดังนั้นสารอาหารและธาตุอาหารจึงมีมากเกินกว่าที่ทะเลบริเวณชายฝั่งรับไว้ได้ ทั้งนี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แพลงค์ตอนตาย เกิดสะสมย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในบริเวณพื้นที่ท้องทะเลจนเกิดการไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้น

หากจะพิจารณาถึงสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม อาจสรุปได้ดังนี้ (18)

1. ผลกระทบอันเนื่องจากสารอาหารและสารอินทรีย์

สารอาหารและสารอินทรีย์ที่เกิดจากอาหารและสิ่งขับถ่ายของกุ้งและตกค้างหมักหมมจนเป็นสาเหตุหนึ่งของสภาพเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ Macintosh และ Phillips ได้ทำการศึกษาพบว่า ของแข็งแขวนลอยมีค่า 1-100 มิลลิกรัมต่อลิตรในช่วงเวลาการเลี้ยงกุ้ง และมีค่า 30-5800 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงที่มีการล้างบ่อและจากการสำรวจคุณภาพน้ำทิ้งจากนากุ้งในแถบภาคใต้ของไทยพบว่า 77.5% ของไนโตรเจน และ 86% ของฟอสฟอรัสที่ใส่ลงในนากุ้งจะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

2. ผลกระทบอันเนื่องจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การปรับเปลี่ยนพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อเป็นพื้นที่ทำนากุ้งนั้นได้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ห่วงโซ่อาหาร และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยป่าชายเลนเป็นที่อยู่และแหล่งอาหาร

3. ผลกระทบอันเนื่องมาจากสารเคมี

สารเคมีที่ใช้กันในนากุ้งได้แก่ ยาฆ่าเชื้อโรค ยาปฏิชีวนะ ยาฆ่ารา เป็นต้น โดยเกษตรกรผู้ใช้ยังคงใช้ในปริมาณสูงและไม่ถูกวิธี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ยาปฏิชีวินะทั้งนี้เนื่องจากยังไม่มีการออกกฎหมายควบคุมการใช้สารเคมีเพื่อการนี้ การใช้ยาปฏิชีวนะโดยทั่วไปจะผสมในอาหาร ซึ่งจะตกค้างในนากุ้งประมาณ 70-80% ของปริมาณยาที่ใส่ลงไป นอกจากนี้ยังตกค้างในตัวสัตว์น้ำและถ่ายทอดสู่ผู้บริโภคต่อไป

4. ผลกระทบอันเนื่องมาจากการย้ายถิ่นของสัตว์ที่ไม่ใช่สัตว์ในท้องถิ่น

เนื่องจากความต้องการบริโภคกุ้งกุลาดำเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีการขยายพื้นที่การเพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้น เกษตรกรในหลายพื้นที่ได้ทำการปรับสภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อมแล้วนำกุ้งกุลาดำไปเลี้ยงโดยที่ในอดีตพื้นที่เหล่านี้ไม่ปรากฏสัตว์น้ำชนิดนี้อยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งการกระทำเช่นนี้ จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ อีกทั้งยังเป็นการแพร่ระบาดของโรคในสัตว์น้ำได้อีกทางหนึ่ง

5. ผลกระทบอันเนื่องจากระบบการเพาะเลี้ยง

ระบบการเพาะเลี้ยง โครงสร้างของบ่อเลี้ยง การปรับสภาพและการก่อสร้างตลอดจนกระบวนการในการเลี้ยงล้วนเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ทั้งสิ้น สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ จากการเพาะเลี้ยงอาจส่งผลกระทบต่อการกัดเซาะของดิน ความเร็วของกระแสน้ำ เป็นต้น

ตารางที่ 2.9 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

สาเหตุ	ผลกระทบที่เกิดขึ้น
1. การกินอาหาร ของเสียจากตัวกุ้ง	-ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ซึ่งเกิดขึ้นจากปริมาณสารอาหารในน้ำมากเกินไป -มีปริมาณ phytoplankton และพวก invertibrate เพิ่มขึ้น -มีการสะสมของตะกอนมากขึ้น -ทำให้เกิดกระบวนการ Anaerobic
2. การใช้ประโยชน์ที่ดิน	-บุกรุกทำลายป่าชายเลน -ทำให้ดินมีความเค็มและมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น -ไม่สามารถใช้พื้นที่นั้นทำประโยชน์อื่นได้อีก -ปัญหาความขัดแย้งของชุมชน
3. สารเคมี	-การดื้อยาในสัตว์น้ำ -การตกค้างในสิ่งแวดล้อม -การถ่ายทอดสู่ผู้บริโภค
4 การย้ายถิ่นของสัตว์	-ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลง
5. ระบบการเพาะเลี้ยง	-จากการเปลี่ยนน้ำซึ่งจะรวมถึงกระแสน้ำ อัตราการไหลของน้ำ -ทำลายสมดุลย์ธรรมชาติและห่วงโซ่อาหาร -เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อจุลินทรีย์ขนาดใหญ่

2.10 นโยบายและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

สืบเนื่องจากกุ้งกุลาดำเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย มีการขยายพื้นที่การเพาะเลี้ยงกันอย่างมาก เพื่อให้การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นไปอย่างได้ผล และไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ทางกรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้มีนโยบายหลักดังนั้น (15)

1. กรมประมงจะส่งเสริมการเลี้ยงกุ้งเพื่อการส่งออกเป็นหลัก
2. ไม่ส่งเสริมให้มีการขยายพื้นที่การเพาะเลี้ยง เพื่อป้องกันการบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลน และการเสื่อมโทรมลงไปของสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ในการเพาะเลี้ยง

3. จัดการระบบน้ำที่มีคุณภาพมาให้เกษตรกรใช้ในการเพาะเลี้ยง
4. ปรับปรุงมาตรฐานและการจัดการในการเพาะเลี้ยงกุ้ง
5. ลดการบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลน

รัฐบาลยังได้ดำเนินการออกพระราชกฤษฎีกาเมื่อเดือนพฤศจิกายน 2534 อาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติการประมง พ.ศ. 2490 (ฉบับที่ 4) โดยมีข้อสรุปดังนี้ (2/9,2/10)

1. เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งจะต้องมาจดทะเบียนกับกรมประมง เพื่อให้รัฐบาลสามารถดูแลและป้องกันการบุกรุกพื้นที่ที่อยู่ในความดูแลของส่วนราชการ และให้การสนับสนุนการเลี้ยงกุ้งให้ได้ผลผลิต
2. กำหนดให้นากุ้งที่มีพื้นที่ 50 ไร่ (8 เฮคเตอร์) ขึ้นไป จะต้องมีบ่อบำบัดน้ำทิ้งหรือบ่อตกตะกอน ขนาดไม่ต่ำกว่า 10% ของพื้นที่เลี้ยง
3. น้ำที่ปล่อยทิ้งจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. ต้องไม่ปล่อยน้ำเค็มหรือกระทำการใด ๆ จนเป็นเหตุให้ น้ำเค็มจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งซึมหรือไหลลงสู่แหล่งน้ำจืดสาธารณะหรือพื้นทีเกษตรอื่น ๆ
5. ต้องไม่ทิ้งปล่อยหรือไล่เลนจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือที่สาธารณประโยชน์

และในปี 2541 รัฐบาลได้ประกาศกำหนดพื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลโดยห้ามมิให้มีการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในบริเวณเขตน้ำจืดโดยเฉพาะภาคกลาง ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเลี้ยงกุ้ง

2.11 การจัดการคุณภาพน้ำทิ้งจากนากุ้งเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อม

2.11.1 การจัดการระบบการเลี้ยง

การเลี้ยงกุ้งระบบปิดและรีไซเคิลนับเป็นเทคโนโลยีอีกขั้นหนึ่งที่สามารถควบคุมและรักษาความสมดุลของระบบนิเวศในนากุ้งไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทั้งภายในนากุ้งและภายนอกนากุ้ง

หลักเกณฑ์การออกแบบก่อสร้างนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิลมีดังนี้ (5,23,24)

1. การแบ่งพื้นที่ภายในนากุ้ง

สำหรับนาเลี้ยงกุ้งขนาดใหญ่ควรแบ่งพื้นที่ย่อมเป็นนาขนาดเล็ก ที่อยู่ในเครือเดียวกันแล้วแบ่งขนาดเล็กออกเป็น 2 เขต คือ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

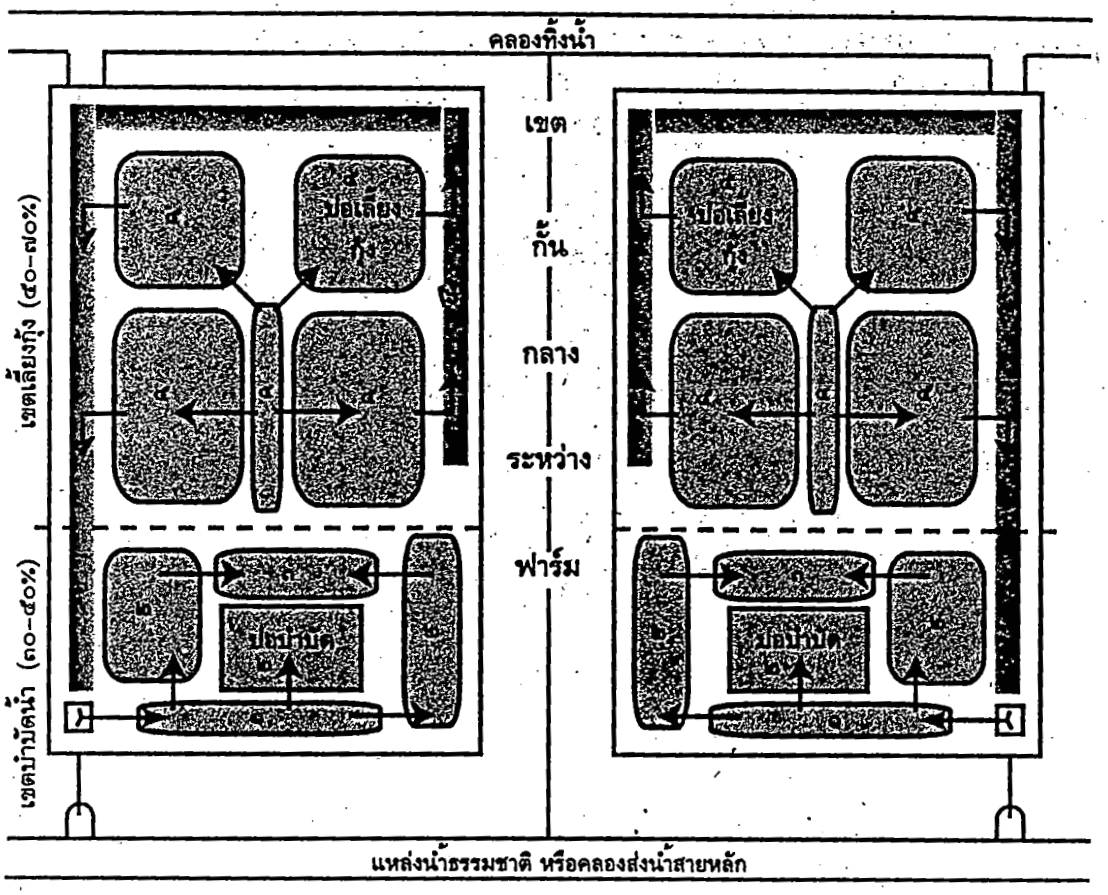
ก. เขตบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำแยกแต่ละชนิด (mono culture) คิดเป็น 50-70 % ของพื้นที่ทั้งหมดเพื่อใช้ในการเลี้ยงกุ้ง

ข. เขตบ่อเลี้ยงพรรณไม้น้ำร่วมกับสัตว์น้ำอื่น (poly cuture) คิดเป็น 30-50% ของพื้นที่ทั้งหมด เพื่อใช้เป็นพื้นที่การบำบัดคุณภาพน้ำโดยอาศัยกลไกทางธรรมชาติในการบำบัดและฟื้นฟูคุณภาพน้ำให้กลับดีขึ้นจนสามารถนำกลับมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งได้ใหม่

2. การก่อสร้างแนวคันดินและคลอง

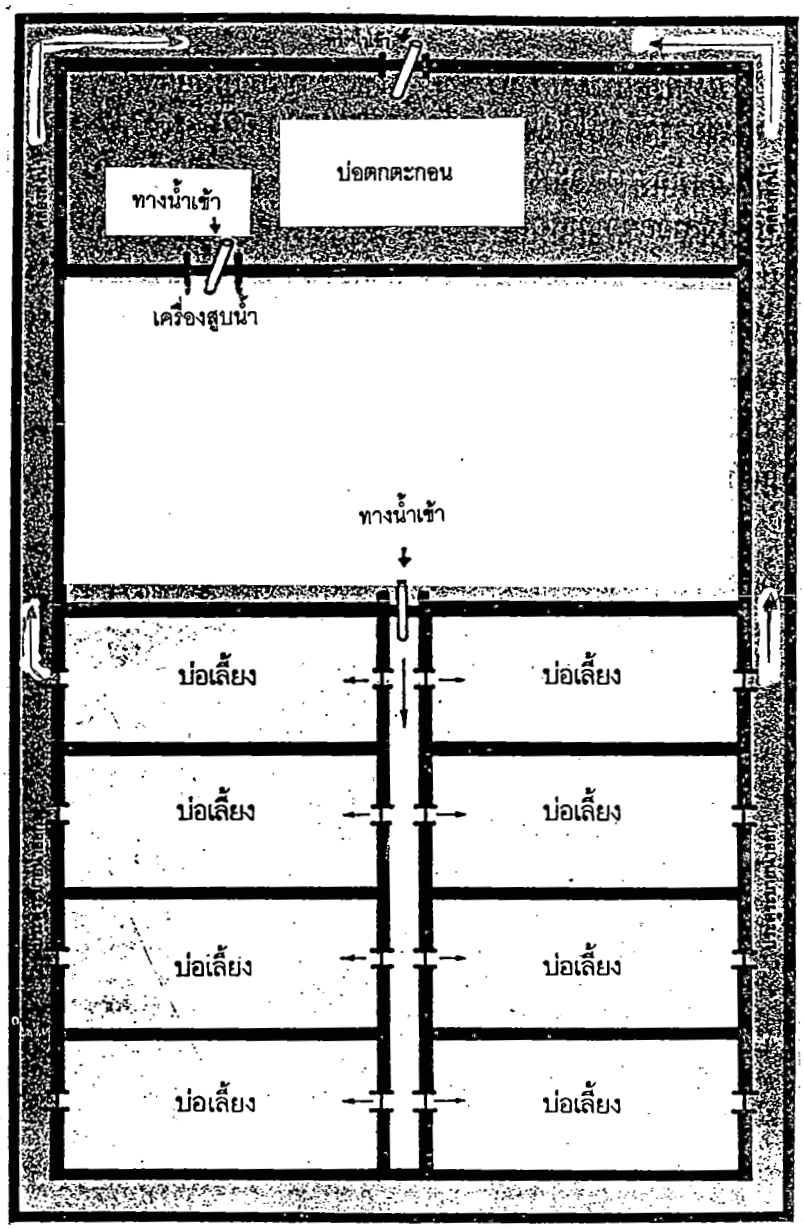
ควรออกแบบก่อสร้างแนวคันดินและคลองไว้โดยรอบพื้นที่นากุ้ง พร้อมประตูน้ำเพื่อปิดกั้นคลองระหว่งเขตต่าง ๆ และระหว่างนากุ้งกันแหล่งน้ำธรรมชาติ อันจะเป็นการป้องกันการเกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม คลองที่อยู่โดยรอบพื้นที่นากุ้งจะทำหน้าที่รับส่งน้ำทิ้งและน้ำจากการรั่วซึม กลับเข้าสู่เขตบ่อเลี้ยงพรรณไม้น้ำร่วมกับสัตว์น้ำอื่น นอกจากนี้ควรก่อสร้างด่านชำระล้าง กำจัดเชื้อก่อนที่น้ำจะผ่านเข้าสู่นา และควรออกแบบก่อสร้างคันดินโดยรอบพื้นที่เพื่อปลูกไม้ให้ร่มเงาในบริเวณเขตบ่อเลี้ยงพรรณไม้น้ำร่วมกับสัตว์น้ำอื่นด้วย ตัวอย่างลักษณะโครงสร้างนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิลดังแสดงในภาพที่ 2.2 และภาพที่ 2.3

628.1684 249265
ร451
ด.3



ภาพที่ 2.2 แผนผังโครงสร้างนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิลของสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดเพชรบุรี (5)

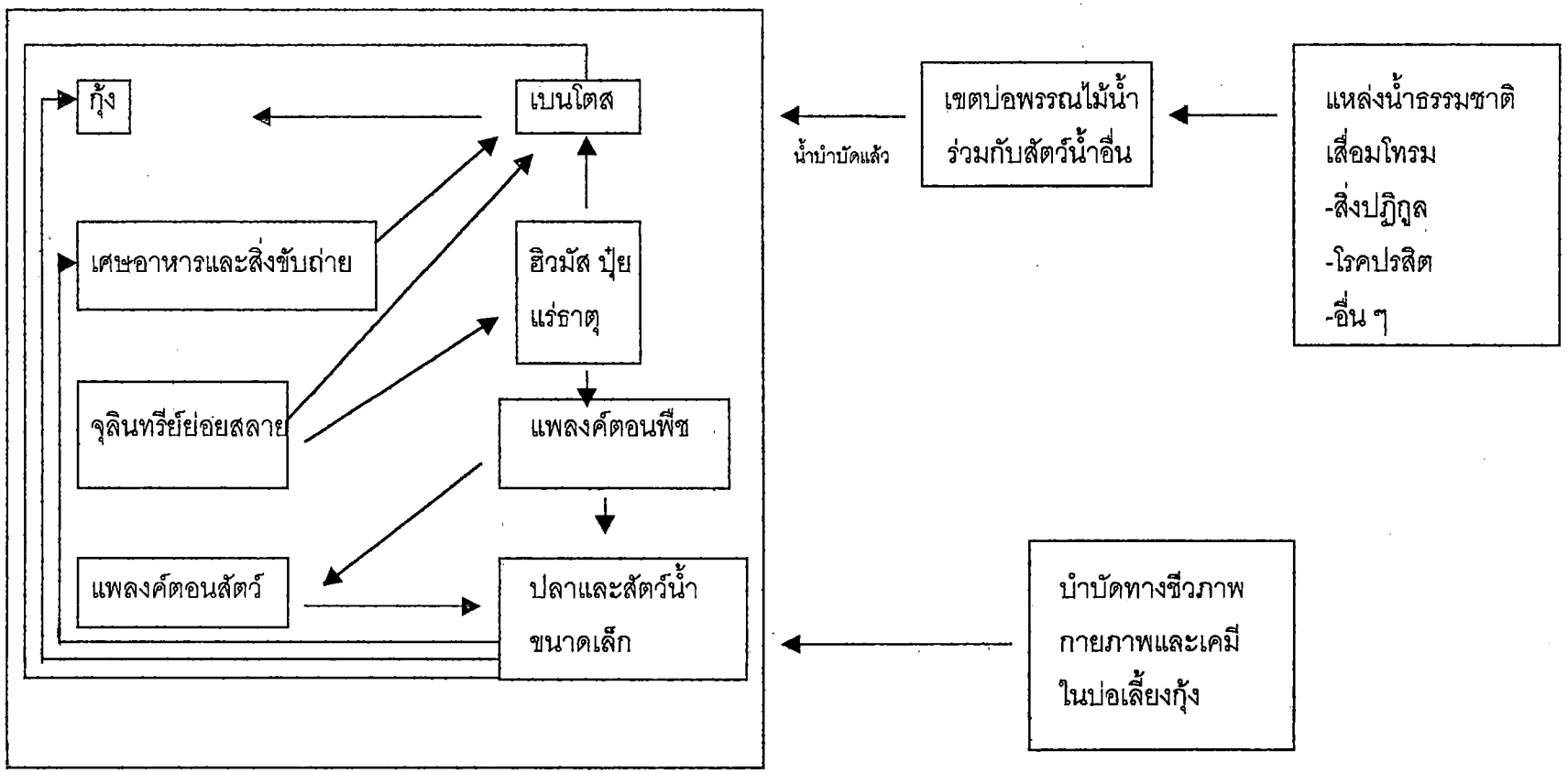
หมายเหตุ 1 = คลองส่งน้ำเข้าบ่อบำบัด
2 = บ่อเลี้ยงพรรณไม้น้ำร่วมกับสัตว์อื่น
3. = คลองรวมน้ำบำบัดแล้ว
4. = คลองส่งน้ำบำบัดแล้วเข้าบ่อเลี้ยงกุ้ง
5. = บ่อเลี้ยงกุ้ง
6. = คลองผันน้ำที่ระบายจากบ่อเลี้ยงกุ้ง



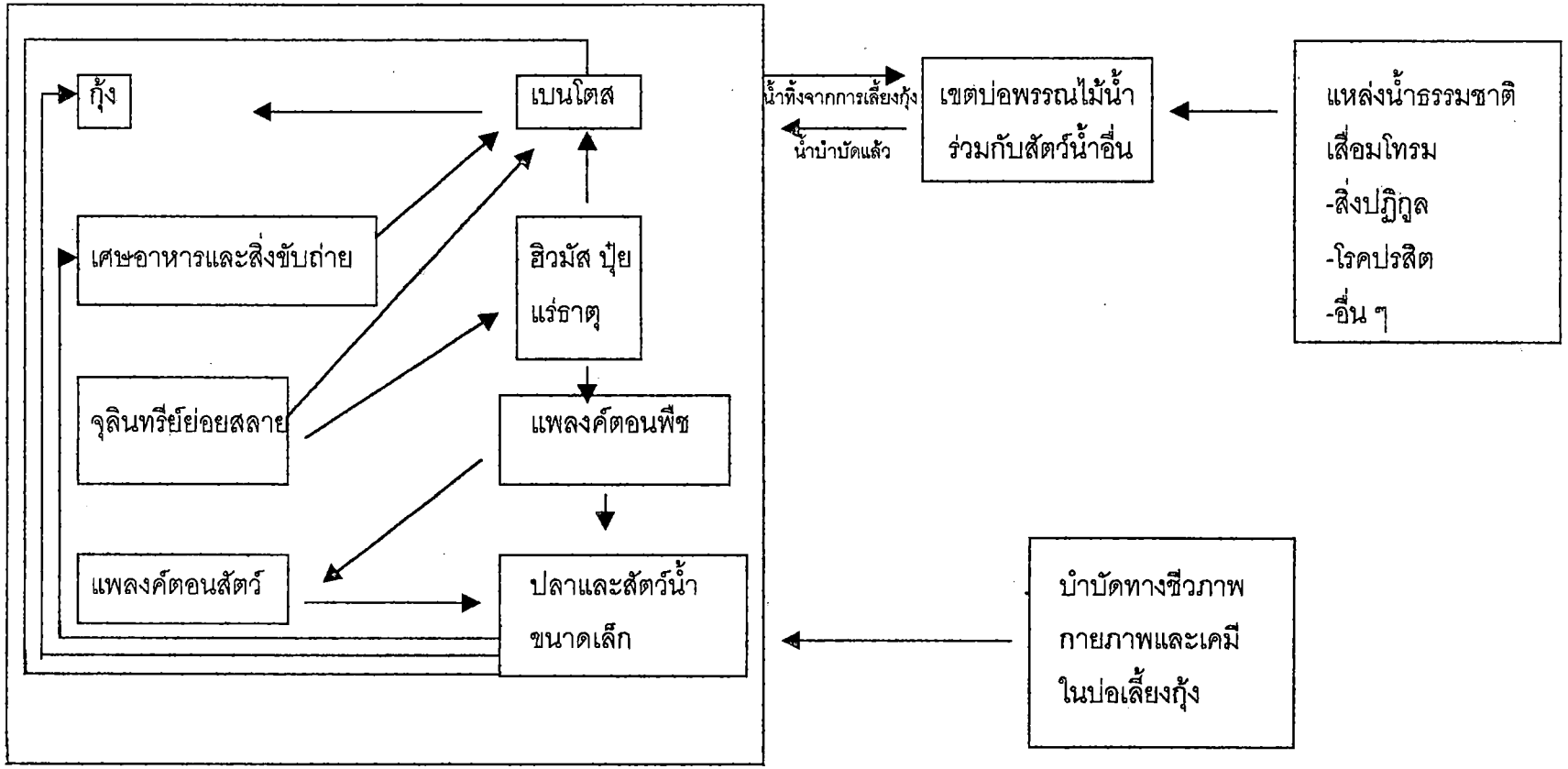
ภาพที่ 2.3 แผนผังโครงสร้างนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิลของเกษตรกรชาติ ผดุงกุล (25)

การทำนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิลเมื่อจำแนกตามความสัมพันธ์ของห่วงโซ่อาหาร สามารถจำแนกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ (5)

1. แบบต่อสายใยห่วงโซ่อาหารธรรมชาติให้ครบวงจรภายในบ่อโดยไม่มีการระบายน้ำออกในระหว่างการเลี้ยงกุ้ง วิธีนี้เหมาะสำหรับนากุ้งขนาดเล็ก การเลี้ยงกุ้งในรูปแบบนี้จะช่วยควบคุมรักษาและฟื้นฟูคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ภายในนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิล : รูปแบบต่อห่วงโซ่อาหารธรรมชาติให้ครบวงจรภายในบ่อโดยไม่มีการระบายน้ำออกจากนากุ้ง



ภาพที่2.5 ความสัมพันธ์ภายในนากุ้งระบบปิดและรีไซเคิล : รูปแบบต่อห่วงโซ่อาหารธรรมชาติให้ครบวงจรภายในบ่อโดยมีการระบายน้ำออกจากนากุ้ง

2. แบบต่อสายใยห่วงโซ่อาหารให้ครบวงจรโดยการระบายน้ำระหว่างเขตบ่อเลี้ยงกุ้งกับเขตบ่อพรรณไม้น้ำร่วมกับสัตว์อื่นหรือบ่อบำบัดทางชีวภาพ สำหรับรูปแบบนี้ควรมีบ่อพรรณไม้น้ำจำนวน 3-6 บ่อ ภาพที่ 2.5

3. แบบผสมผสานระหว่างรูปแบบในข้อที่ 1 และข้อที่ 2 เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการ การป้องกันโรคและการควบคุมสภาพแวดล้อมให้อยู่ในภาวะสมดุลย์ การเลี้ยงรูปแบบผสมผสานนี้ในระยะแรกจะเป็นการเลี้ยงในรูปแบบที่ 1 ก่อน ยกเว้นในกรณีที่สภาพแวดล้อมไม่ปรกติ เช่น ท้องฟ้าปิดติดต่อกัน ช่วงหลังฝนทิ้งช่วงมานานแล้วเกิดฝนตก เป็นต้น

2.11.2 การบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง

ปัญหามลพิษทางน้ำอันเกิดจากการเลี้ยงกุ้งมีสาเหตุที่สำคัญ 2 ประการ คือ การปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงน้ำของนากุ้ง และการปนเปื้อนของตะกอนเลนจากนากุ้ง น้ำทิ้ง และตะกอนเลนจากนากุ้งเป็นน้ำที่มีความสกปรกค่อนข้างสูงมีปริมาณสารอินทรีย์และสารอาหารปริมาณมาก จึงควรหาแนวทางในการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม แนวทางหนึ่งในการลดปัญหามลพิษที่อาจเกิดขึ้นได้แก่

1. ตะกอนเลนหรือดินเลน

1.1 ภายหลังการจับกุ้งแล้วควรตากบ่อให้แห้ง ถ้าตะกอนมีสีดำควรใช้รถปากหน้าดินไปเก็บในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ สำหรับบ่อที่ไม่สามารถตากบ่อให้แห้งได้ควรทำที่เก็บเลนไว้ข้าง ๆ บ่อเลี้ยง หรือบนคันบ่อ เพื่อรอการขนไปทิ้งต่อไป (16)

1.2 การย่อยตะกอนก้นบ่อ โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์สำเร็จรูป ทำให้ตกตะกอนก้นบ่อถูกย่อยสลายไป เป็นการลดปริมาณสารอินทรีย์ของตะกอนเลนให้น้อยลง นอกจากการใช้จุลินทรีย์แล้วอาจใช้สารเอนไซม์เข้าทำการบำบัดได้เช่นกันอย่างไรก็ตามการใช้เชื้อจุลินทรีย์สำเร็จรูปและสารเอนไซม์จะมีราคาค่อนข้างแพง (14)

1.3 การใช้เครื่องดูดขี้เลน นิยมใช้ปั๊มหอยโข่งมาดัดแปลงในการดูดตะกอนเลนก้อนบ่อออกไป หลังจากนั้นควรนำตะกอนเลนที่ได้ ไปเก็บในที่ ๆ จัดเตรียมไว้ (14)

2. น้ำทิ้งจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

2.1 การบำบัดโดยวิธีทางกายภาพ ได้แก่ การทำบ่อตกตะกอน โดยบ่อนี้จะต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรองรับน้ำทิ้งในแต่ละวัน และปล่อยให้น้ำที่เปลี่ยนถ่ายจากนากุ้งมีเวลาตกตะกอนอยู่ในบ่อนี้ 1-2 วัน เพื่อให้แพลงค์ตอน สารอาหาร ตะกอนแขวนลอย และสารต่าง ๆ เกิดการตกตะกอน ก่อนปล่อยน้ำลงสู่แหล่งรองรับน้ำตามธรรมชาติต่อไป (16)

2.2 การบำบัดโดยวิธีทางชีวภาพ

น้ำเสียที่ปล่อยออกจากบ่อกุ้งหรือนากุ้งนั้นส่วนใหญ่แล้วเป็นน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกค่อนข้างสูงและยังมีปริมาณสารอินทรีย์มากอีกด้วย ดังนั้นจึงควรที่จะผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง วิธี

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพลดค่าความสกปรกและกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำได้ดี เนื่องจากในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา เป็นการใช้ แบคทีเรียในการกำจัดสารอินทรีย์โดยจะมีการเปลี่ยนสภาพของเสียในน้ำให้อยู่ในสภาพที่ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยแบคทีเรียจะทำการย่อยสารอินทรีย์ในสภาวะที่มีออกซิเจนอิสระละลายอยู่ในน้ำหรือไม่มีออกซิเจนละลายอยู่ได้ ซึ่งแบคทีเรียที่มีผลต่อการกำจัดสารประกอบอินทรีย์คือ Nitrifying Bacteria ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนแอมโมเนียในน้ำให้กลายเป็นไนไตรทและไนเตรท ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้เรียกว่า Nitrification หลังจากนั้นก็จะเปลี่ยนจาก ไนเตรทเป็นก๊าซไนโตรเจนในสภาวะขาดออกซิเจนเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Denitrification เพื่อให้ได้ก๊าซไนโตรเจนลอยสู่บรรยากาศ (26)

วิธีการบำบัดทางชีวภาพที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งมีด้วยกันหลายวิธี ได้แก่

1. การใช้สัตว์น้ำบางชนิดเลี้ยงในน้ำทิ้งเพื่อลดปริมาณแพลงค์ตอน และสารอินทรีย์สัตว์น้ำที่มีการนำมาทดลองเลี้ยง ได้แก่ ปลานิล หอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยตะโกม ปลาหางนกยูง ปลาบู่แคระ ปลาบู่ใส่ เป็นต้น (5,16,23,24,25,26)

2. การใช้พืชน้ำมาบำบัดน้ำทิ้ง เพื่อลดปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำพืชที่มีการทดลองใช้ในการบำบัดได้แก่ สาหร่ายผมนาง สาหร่ายเม็ด พริกไทย หญ้าตะกานน้ำเต็ม ปรงทะเล เป็นต้น (24) Sansanayuth และคณะได้ทำการศึกษาพบว่า การบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งโดยใช้ปรงทะเล (Acrostchum aureum) สามารถลดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ได้ถึง 91%, 84%, 48% และ 31% ตามลำดับ (27)

3. การบำบัดโดยจุลินทรีย์ เป็นการบำบัดโดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้ปริมาณสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์นั้นลดลง นอกจากนี้ยังสามารถลดสารอาหาร เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงได้เช่นกัน สำหรับการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งโดยเชื้อจุลินทรีย์นี้ ส่วนใหญ่ยังอยู่ในขั้นการศึกษาวิจัย ซึ่งระบบบำบัดที่นำมาใช้ทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งได้แก่ ระบบฟิล์มชีวภาพ ระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง และระบบบ่อผึ่ง เป็นต้น (27)

2.3 การบำบัดโดยวิธีทางเคมี

ได้มีการนำเอาสารเคมีชนิดต่าง ๆ มาใช้ทั้งในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในนากุ้งและการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง ได้แก่ (8,13,26,28)

1. แคลเซียมเปอร์ออกไซด์

ต๊อกเตอร์จอห์น วิคกิน ชาวอังกฤษ ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้แคลเซียมเปอร์ออกไซด์ชนิดที่เป็นเกล็ดว่า ประกอบด้วยแคลเซียมเปอร์ออกไซด์ 60% ส่วนที่เหลือเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเกล็ดเหล่านี้เมื่อละลายน้ำจะค่อย ๆ ทำให้ปล่อยออกซิเจนออกมา สารเคมีดังกล่าวเหมาะสำหรับนากุ้งที่ขาดออกซิเจน

2 เหล็กออกไซด์

เมื่อพ.ศ. 2503 นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้ทำการทดลอง พบว่าเหล็กออกไซด์ที่เติมลงไปในนากุ้งจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งเป็นสารพิษและจะได้ก๊าซซัลไฟด์ที่ไม่เป็นพิษ นอกจากนี้เหล็กออกไซด์ยังช่วยเพิ่มอัตราการรอดตาย การกินอาหารและการเจริญเติบโตของกุ้งอีกด้วย แต่ข้อเสียก็คือ เหล็กออกไซด์มีราคาแพงและไม่สะดวกในการจัดการ

3. ด่างทับทิม

เป็นสารที่ให้ความแรงในการปล่อยก๊าซออกซิเจน นอกจากนี้ยังเพิ่มออกซิเจนให้กับสารอินทรีย์และกำจัดก๊าซไข่เน่าอีกด้วย ด่างทับทิมเป็นพิษต่อสาหร่ายและแบคทีเรียจึงทำให้สารอินทรีย์และไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดปริมาณลง

4. โอโซน

เมื่อออกซิเจนได้รับแสงอุลตร้าไวโอเลตหรือกระแสไฟฟ้าจะมีออกซิเจนบางส่วนที่ถูกเปลี่ยไปเป็นโอโซน โอโซนเป็นออกซิเจนในอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาโดยสามารถเติมออกซิเจนให้กับสารอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็วจึงมักจะใช้เพื่อการลดปริมาณการใช้ออกซิเจนของสารอินทรีย์และสารเคมีในน้ำบางชนิดและยังสามารถฆ่าแบคทีเรียได้ด้วย

5. ซีโอไลต์

เป็นแร่จำพวกอลูมิโนซิลเกตมีลักษณะเป็นผลิตคุณสมบัติที่เด่นคือประกอบด้วยโพรงจำนวนมากกระจายอยู่ในระหว่างโมเลกุลโพรงนี้สามารถดูดกับก๊าซบางชนิด เช่น ก๊าซไฟเน่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสารช่วยในการดูดซับอนุภาคของสารต่าง ๆ ที่มีประจุ ปัจจุบันมีการขุดแร่ซีโอไลต์ขึ้นมาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์กันมาก ซึ่งแร่เหล่านี้มีหลายชนิดแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติต่าง ๆ กันไป ปัจจุบันแร่ซีโอไลต์ที่ใช้กันมากที่สุดในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือคลีนอพทิลโอไลต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพดีในการกำจัดแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยง

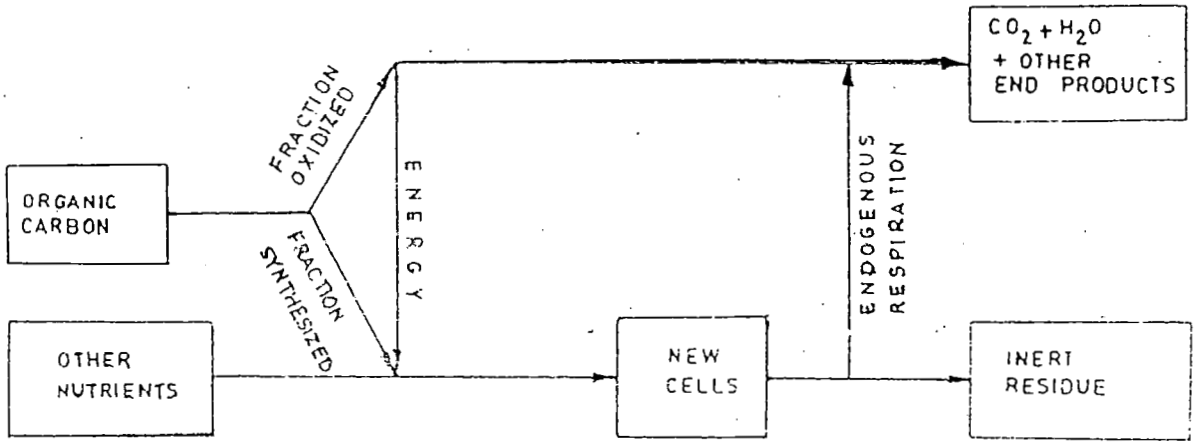
2.12 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยา

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยา เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการบำบัดสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของสารละลายและอนุภาคโดยจุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรีย (21) โดยแบคทีเรียกลุ่มที่มีความสำคัญที่สุดในการบำบัดน้ำเสีย คือ heterotrophic bacteria (29) หลักการของระบบบำบัดโดยวิธีชีววิทยา อาศัยทำลายสารอินทรีย์ในน้ำโดยแบคทีเรียซึ่งสารอินทรีย์นี้จะถูกนำไปสร้างเซลล์และถูกออกซิไดซ์เพื่อสร้างพลังงานสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ (30) อาศัยหลักการขั้นพื้นฐานดังกล่าว ประยุกต์มาเป็นระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ

1. ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Treatment)
2. ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Treatment)

อนึ่งระบบบำบัดทั้งสองระบบนี้ หากแบ่งตามลักษณะของแบคทีเรียยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1. ระบบที่แบคทีเรียอยู่ในลักษณะแขวน(Suspended Growth System) เช่น ระบบบ่อผึ่ง ระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง ระบบบ่อเติมอากาศ เป็นต้น
2. ระบบที่แบคทีเรียยึดเกาะติดกับตัวกลาง (Attached Growth Systems) ตัวกลางนี้อาจอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ก็ได้ เช่น ระบบจานหมุนชีวภาพ ระบบโปรยกรอง เป็นต้น

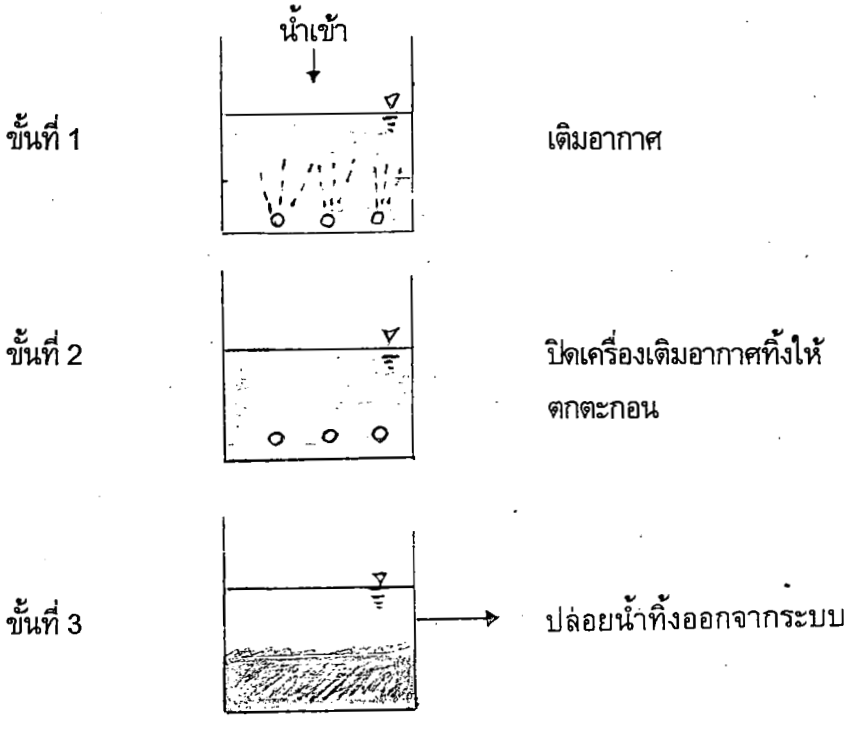


ภาพที่ 2.6 การใช้สารอินทรีย์เพื่อสร้างพลังงาน และเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ (31)

2.12.1 ระบบบำบัดแบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (Activated Sludge)

เป็นระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ลักษณะของระบบจะมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศ และเลี้ยงจุลินทรีย์ให้แขวนลอยอยู่ในถังปฏิกริยา สำหรับระบบบำบัดแบบเลี้ยงตะกอนเร่งนี้จำเป็นต้องแยกตะกอนออกจากน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด โดยการตกตะกอนในถังตกตะกอนหนือบ่อตกตะกอนและจะต้องมีการหมุนเวียนตะกอนกลับเข้าสู่ถังเติมอากาศเพื่อควบคุมให้มีจุลินทรีย์ในปริมาณเหมาะสม (21,32)

ถังปฏิกริยาของระบบเลี้ยงตะกอนเร่งมีด้วยกันหลายแบบ เช่น plug-flow reactor, completely mixed reactor, Sequencing Batch Reactor เป็นต้น สำหรับถังปฏิกริยาแบบ Sequencing Batch Reactor นั้นจะเป็นถังปฏิกริยาแบบถังเท ดังรายละเอียดในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.7 การบำบัดน้ำเสียแบบ Sequencing Batch Reactor

2.12.2 ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed wetland)

ระบบบึงประดิษฐ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยธรรมชาติเรียกกันโดยทั่วไปว่า "wetlands" เป็นระบบที่เสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างน้อย ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำอาศัยธรรมชาติ สามารถใช้ประโยชน์จากพืชได้อีกด้วย พืชที่ใช้ในระบบ wetlands สามารถจำแนกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ (33)

1. Constructed wetlands เป็นการบำบัดโดยใช้พืชน้ำที่มีรากเกาะดิน เช่น กก แฝก ธูปฤาษี เป็นต้น

2. Floating Aquatic Plants เป็นการบำบัดโดยใช้พืชน้ำที่ลอยอยู่ผิวหน้าน้ำ เช่น ผักตบชวา จอก แหน เป็นต้น

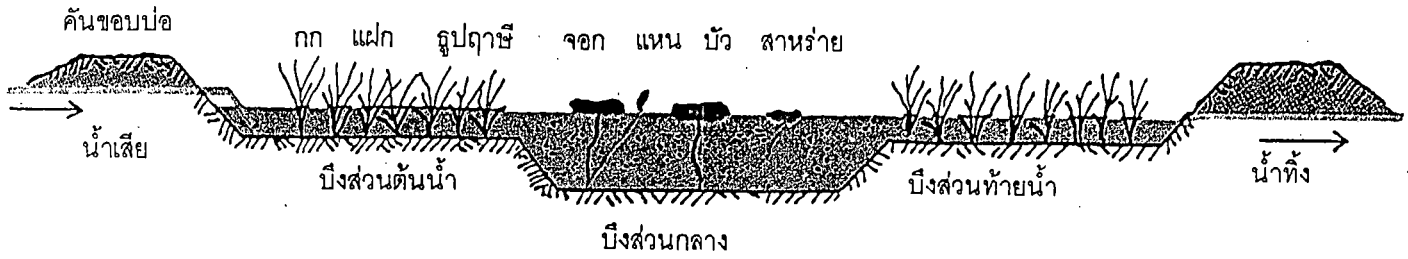
ระบบบึงประดิษฐ์นิยมนำใช้บำบัดสารอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ระบบบึงประดิษฐ์ยังสามารถบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอยและโลหะหนักได้อีกด้วย (2/31,2/32) อย่างไรก็ตาม ระบบบึงประดิษฐ์ไม่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูง ๆ ได้จึงนิยมใช้เป็นบ่อบำบัดขั้นสุดท้ายก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม

ส่วนประอบของระบบ ได้แก่ (36,37)

1. ส่วนกันน้ำ เป็นพื้นที่รับน้ำเสียเข้าสู่ระบบ ระดับน้ำในส่วนนี้จะลึกเพียง 20-30 ซม มีพืชน้ำ ได้แก่ กก แฝก ธูปฤาษี เป็นต้น

2. ส่วนกลาง เป็นพื้นที่ตรงกลางบึงมีความลึกประมาณ 1เมตร มีพืชชนิดลอยผิวนเช่น จอกแหน บัว และพืชที่ลอยอยู่ในน้ำ เช่น สาหร่าย เป็นต้น

3. ส่วนท้ายน้ำ เป็นพื้นที่น้ำไหลออก มีระดับความลึก 20-30 ซม มีลักษณะเช่นเดียวกับส่วนต้น



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างบึงประดิษฐ์ (36)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment Research) โดยทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยมีรูปแบบในการทดลองเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยาที่จำลองขึ้นซึ่งประกอบด้วย 2 ระบบต่อเนื่องกัน คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (Activated Sludge) และระบบบำบัดโดยอาศัยพืชน้ำ (สาหร่ายผมนาง;*Gracilaria* sp.) (ภาพที่ 3.1) เพื่อทดลองบำบัดน้ำเสียจากนากุ้ง

3.2 แบบจำลองที่ใช้ในการวิจัย

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยาที่จำลองขึ้นมีรายละเอียดของการจำลองดังนี้

1. ระบบบำบัดแบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (Activated Sludge)

เป็นระบบบำบัดคุณภาพน้ำโดยอาศัยการย่อยสลายสารอินทรีย์ของเชื้อจุลินทรีย์ และมีการเติมอากาศ (ออกซิเจน) ให้เพียงพอแก่การย่อยสลายด้วยในการทดลอง ประกอบด้วย

1.1. ถังปฏิกิริยา

เป็นถังพลาสติกใส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ความยาว 45 เซนติเมตร ความสูงของระดับน้ำ ในถัง 13 เซนติเมตร มีความจุประมาณ 15 ลิตร (ภาพที่ 3.2)

1.2. เครื่องเติมอากาศ

เป็นเครื่องเติมอากาศชนิด diffusor ซึ่งใช้กับตู้เลี้ยงปลาทำหน้าที่เติมอากาศและช่วยกวนตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกิริยา (ภาพที่ 3.2)

2. ระบบบำบัดโดยอาศัยพืชน้ำ

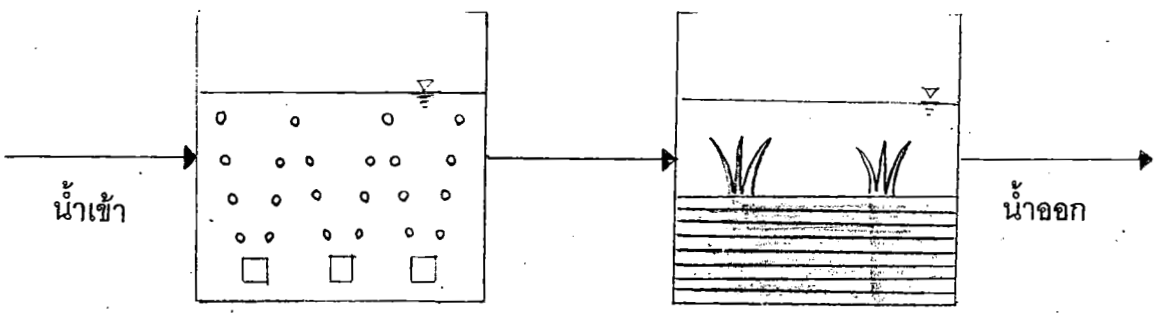
เป็นระบบสำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำประกอบด้วย

2.1. บ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนาง

เป็นถังพลาสติกใส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ความยาว 45 เซนติเมตร ความสูง 18 เซนติเมตร ภายในบรรจุชั้นทรายเพื่อปลูกสาหร่ายผมนาง โดยมีความสูงของชั้นทราย 12 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.3)

2.2 สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.)

เป็นสาหร่ายผมนาง ที่ได้มาจากบ่อเลี้ยงปลา (ภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.1 แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา

ภาพที่ 3.2 ถังปฏิกริยาของระบบบำบัดแบบชีววิทยา

ภาพที่ 3.3 บ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนาง

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

1. น้ำทิ้งที่ใช้ป้อนเข้าระบบ

เป็นน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำอายุประมาณ 2 เดือน (เลี้ยงกุ้งนานประมาณ 2 เดือน) ได้จากนากุ้งในเขตอำเภอบางปะกงและอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งจากการตรวจวิเคราะห์พบว่ามีค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 16.10 -20.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดีเฉลี่ย 18.16 mg/l ค่าความเค็มอยู่ในช่วง 26.2 - 34.5 ppt ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.8-8.3

2. การเพาะเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการทดลอง

ในการทดลองจะต้องมีตะกอนจุลินทรีย์สำหรับระบบบำบัดแบบเลี้ยงตะกอนเร่งเนื่องจากน้ำทิ้งที่จะป้อนเข้าสู่ระบบเป็นน้ำทิ้งจากนากุ้งซึ่งมีค่าความเค็มสูง จึงจำเป็นจะต้องเพาะเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ให้มีความคุ้นเคยกับน้ำทิ้งที่จะป้องเข้าสู่ระบบและให้มีปริมาณจุลินทรีย์โดยคิดเป็นค่าของแข็งแขวนลอยประมาณ 1000มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ใช้ตะกอนจุลินทรีย์ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge ของโรงงานมะม่วงดองเนื่องจากน้ำเสียมีค่าความเค็มสูงเช่นเดียวกัน เชื้อจุลินทรีย์ที่ได้เป็นเชื้อที่มีความเคยชินและสามารถทนค่าความเค็มสูงได้

การเพาะเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ใช้ระบบ Batch System ซึ่งเป็นการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์โดยใช้ถังใบเดียวทำหน้าที่ทั้งเป็นถังเติมอากาศและถังตกตะกอน ซึ่งจะใช้เวลา 24 ชั่วโมงต่อ 1 รอบของการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ กล่าวคือ จะเติมอากาศเป็นเวลา 22 ชั่วโมง และหยุดเติมอากาศเพื่อทิ้งไว้ให้เกิดการตกตะกอนเป็นเวลา 1 ½ ชั่วโมง จากนั้นจะแยกเอาน้ำใสส่วนบนออกแล้วเติมน้ำทิ้งลงไปใหม่ โดยใช้เวลาประมาณ ½ ชั่วโมง (ภาพที่ 3.4)

ขั้นตอนของการเพาะเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์มีรายละเอียดดังนี้

2.1 นำเชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated sludge ของโรงงานมะม่วงดองมาประมาณ 20 ลิตร ใส่ในถังพลาสติกทรงสูงความจุขนาด 60 ลิตร

2.2 เติมน้ำทิ้งจากโรงงานมะม่วงดองลงไปประมาณ 10 ลิตร เพื่อเป็นอาหารสำหรับเชื้อจุลินทรีย์

2.3 เติมอากาศลงไปในน้ำทิ้งจากนากุ้งที่ผสมกับตะกอนจุลินทรีย์โดยอาศัยเครื่องเติมอากาศให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตรทั้งนี้เติมอากาศเป็นเวลานานประมาณ 22 ชั่วโมง

2.4 หยุดเติมอากาศ แล้วตั้งทิ้งไว้เฉย ๆ เป็นเวลา 1 ½ ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการตกตะกอน

2.5 สูบเอาน้ำใสส่วนบนออกทิ้งประมาณ 25 ลิตร ให้เหลือตะกอนประมาณ 5 ลิตร แล้วค่อย ๆ เติมน้ำทิ้งจากนากุ้งลงไปประมาณ 10 ลิตร ขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 1 ½ ชั่วโมง

2.6 ทำตามขั้นตอนที่ 3-5 โดยที่ในขั้นตอนที่ 5 สูบเอาน้ำใสออกทิ้งให้เหลือตะกอนประมาณ 5-10 ลิตรและในการเติมน้ำทิ้งจากนากุ้งจะเพิ่มปริมาณน้ำทิ้งจากนากุ้งในแต่ละรอบคือ 10,20,30,40,50 และ 60 ลิตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าใช้เวลาประมาณ 7 วัน เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์มีความคุ้นเคยและสามารถปรับตัวในสภาพของน้ำทิ้งจากนากุ้งได้เป็นอย่างดี

2.7 หลังจากวันที่ 7 เป็นต้นจะสามารถนำเอาตะกอนจุลินทรีย์มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากนากุ้งโดยระบบบำบัดแบบเลี้ยงตะกอนเร่งในการทดลอง

ภาพที่ 3.4 การเพาะเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์

3. ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้จะได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ให้มีระยะเวลาของการบำบัดในถังปฏิกริยาแบบเลี้ยงตะกอนเร่ง โดยทำการเติมอากาศนาน 6 ชั่วโมง แล้วจึงนำน้ำใสไปบำบัดต่อโดยกักไว้ในบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางนาน 24 ชั่วโมง ส่วนชุดที่ 2 ให้มีการเติมอากาศนานเพียง 4 ชั่วโมง และนำน้ำใสไปบำบัดในบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางนาน 24 ชั่วโมง เช่นเดียวกัน

รายละเอียดของขั้นตอนในการทดลองมีดังนี้

1. นำตัวอย่างน้ำทิ้งจากนากุ้งที่จะนำเข้าระบบเพื่อทดลองบำบัดคุณภาพน้ำมาทำการตรวจวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม บีโอดี ของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และ ไนเตรท-ไนโตรเจน (ตารางที่ 3.1)

2. นำน้ำทิ้งจากนากุ้งที่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์แล้วใส่ลงในถังปฏิกิริยาประมาณ 9 ลิตร เติมตะกอนจุลินทรีย์ที่ได้ทำการเพาะเลี้ยงปรับสภาพไว้แล้วลงไป โดยให้มีค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย (Mixed liquor Suspended solids : MLSS) อยู่ในช่วงระหว่าง 900 – 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งพบว่า ต้องใช้ตะกอนจุลินทรีย์ปริมาตร 6 ลิตร ทำเช่นนี้ 2 ชุด สำหรับการทดลอง ชุดที่ 1และชุดที่ 2 ตามลำดับ

3. สำหรับการทดลองชุดที่ 1 เติมอากาศลงไปในถังปฏิกริยาเป็นระยะเวลานาน 6 ชั่วโมง การเติมอากาศให้มีอากาศมากพอที่จะช่วยกวนน้ำในถังปฏิกริยาเพื่อให้ตะกอนมีการหมุนเวียนโดยรักษาสภาพให้มีปริมาณตะกอนแขวนลอยอยู่ในช่วง 900 – 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ โดยทำการสุ่มตรวจวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด เป็นด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ ตะกอนจุลินทรีย์ในรูปของของแข็งแขวนลอย และการทดสอบการตกตะกอน (ตารางที่ 3.1) สำหรับการทดลองชุดที่ 2 เติมอากาศลงไปในถังปฏิกริยาเป็นระยะเวลานาน 4 ชั่วโมง เท่านั้น

4. หลังจากเติมอากาศจนครบตามกำหนดระยะแรกสำหรับการทดลองทั้ง 2 ชุดแล้ว หยุดเติมอากาศทิ้งไว้ให้เกิดการตกตะกอนแล้วนำน้ำใสส่วนบนใส่ในบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางโดยทำการเก็บกักไว้นาน 24 ชั่วโมง (ก่อนที่จะปล่อยทิ้งออกจากระบบ)

5. นำตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดทั้งสองขั้นตอนแล้วมาทำการตรวจวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการตรวจวิเคราะห์ในขั้นตอนการทดลองข้อที่ 1 ยกเว้นอุณหภูมิ (ตารางที่ 3.1) เพื่อจะได้นำผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งมาหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบการทดลองต่อไป

6. ทำการทดลองในลักษณะเดียวกันนี้ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 5 จนครบ 20 ครั้งเพื่อให้ได้จำนวนข้อมูลมากพอในการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ตารางที่ 3.1 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งในขั้นตอนต่าง ๆ ในระบบบำบัดจำลองตามพารามิเตอร์ในการทดลองบำบัดน้ำทิ้งแต่ละครั้ง (20 ครั้ง)

พารามิเตอร์	น้ำเข้าระบบ	ถังปฏิกิริยา (+)	น้ำออกจากระบบ
อุณหภูมิ(temperature)	✓	-	-
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	✓	✓	✓
ความเค็ม (Salinity)	✓	-	✓
ออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen)	-	✓	-
บีโอดี (BOD)	✓	-	✓
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	✓	✓ MLSS	✓
การทดสอบการตกตะกอน (Settleable Solids)	-	✓	-
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N)	✓	-	✓
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (NO_2-N)	✓	-	✓
ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N)	✓	-	✓

หมายเหตุ + ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบสภาวะของระบบบำบัดจำลองแบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (เพียง 3 ครั้ง)

4. การเก็บตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำการตรวจวิเคราะห์จะเป็นไปตาม Stand Method for the Examination of Water and Wastewater (38) โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 DO วิเคราะห์โดย DO meter ยี่ห้อ WTW รุ่น Oxi 230

4.2 BOD วิเคราะห์โดยวิธี Azide Modification

4.3 อุณหภูมิ โดย Thermometer ยี่ห้อ Testo รุ่น 110

4.4 pH โดย pH meter ยี่ห้อ Testo รุ่น 251.

4.5 Salinity, Conductivity, TDS โดย conductivity meter ยี่ห้อ Jenway รุ่น 4200

4.6 MLSS และ SS โดยวิธีการระเหยให้แห้ง

4.7 Sludge Volume โดยการหา Settleable Solids

4.8 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยวิธี Nesslerization

4.9 ไนไตรท์-ไนโตรเจน โดยวิธี Diazotization

4.10ไนเตรท-ไนโตรเจน โดยวิธี Cadmium Reduction

4.11Akalinity โดยวิธี titration

5. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าร้อยละของการบำบัดบีโอดี, ปริมาณของแข็งแขวนลอย, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน และ ไนเตรท-ไนโตรเจน เป็นค่าแสดงประสิทธิภาพของการบำบัดของระบบ

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ในการศึกษาทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง โดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา ครั้งนี้ ได้ทำการสำรวจสภาพพื้นที่และวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำในนากุ้ง จากนั้นจึงนำมาทำการทดลองบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียจำลองภายในห้องปฏิบัติการภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผลการศึกษาเป็นดังนี้

4.1 คุณลักษณะของน้ำในนากุ้งกุลาดำ

จากการเก็บตัวอย่างน้ำจากนากุ้งกุลาดำในเขตอำเภอบางปะกงและอำเภอบ้านโพธิ์หลังจากเพาะเลี้ยงกุ้งมานานประมาณ 2 เดือน และตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.8 – 8.3 ค่าความเค็ม 26.2-34.5 กรัมต่อลิตร ค่าความนำไฟฟ้า 40.3-47.10 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าความเป็นด่าง 94 – 161 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งละลายน้ำ 18.48 – 26.30 กรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอย 84 – 128 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 4.01 –5.28 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี 16.10 – 20.33 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.196 – 0.611 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.0552 – 0.226 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ไนเตรท-ไนโตรเจน 0,152-0.254 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของน้ำในนากุ้งกุลาดำที่เพาะเลี้ยงมานานประมาณอายุ 2 เดือน

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น	หน่วย
อุณหภูมิ(temperature)	28.0-33.2	°C
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.8-8.2	
ความเค็ม (Salinity)	26.2-34.5	ppt
ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)	94-161	mg/l
ค่าความนำไฟฟ้า (conductivity)	40.9-47.10	mS/cm
ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids)	18.48-26.30	g/l
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	84-128	mg/l
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)	4.01-5.26	mg/l
บีโอดี (BOD)	16.10-20.33	mg/l
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N)	0.196-0.611	mg/l
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (NO_2-N)	0.051-0.226	mg/l
ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N)	0.152-0.254	mg/l

4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา

4.2.1 การบำบัดสารอินทรีย์

จากการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์โดยทำการตรวจวิเคราะห์ในรูปของบีโอดี ในการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ได้ผลเป็นดังนี้ (ตารางที่ 4.2)

<u>การทดลองชุดที่ 1</u> ค่าบีโอดีของน้ำเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 18.16 mg/l ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเฉลี่ย 7.64 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีเฉลี่ย 58.10 %

<u>การทดลองชุดที่ 2</u> ค่าบีโอดีของน้ำเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 18.16 mg/l ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเฉลี่ย 9.25 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีเฉลี่ย 49.25 %

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี

ชุดการทดลอง	น้ำเข้า (mg/l) X ±SD	น้ำออก (mg/l) X ±SD	ประสิทธิภาพ % X ±SD
1	18.16 ± 1.35	7.64 ± 1.07	58.10 ± 3.47
1	18.16 ± 1.35	9.25 ± 1.33	49.25 ± 4.65

หมายเหตุ ในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

4.2.2 การบำบัดไนโตรเจน

4.2.2.1. ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเป็นดังนี้ (ตารางที่ 4.3)

การทดลองชุดที่ 1 แอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 0.34 mg/l แอมโมเนีย-ไนโตรเจนน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 0.14 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน เฉลี่ย 57.46 %

การทดลองชุดที่ 2 แอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 0.34 mg/l แอมโมเนีย-ไนโตรเจนน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 0.17 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน เฉลี่ย 47.84 %

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ชุดการทดลอง	น้ำเข้า (mg/l) X ±SD	น้ำออก (mg/l) X ±SD	ประสิทธิภาพ % X ±SD
1	0.34 ± 0.12	0.14 ± 0.05	57.46. ±3.59
2	0.34± 0.12	0.14 ± 0.05	47.84 ± 3.89

หมายเหตุ ในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

4.2.2.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำออกจากระบบ

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำออกจากระบบเป็นดังนี้ (ตารางที่ 4.4)

การทดลองชุดที่ 1 ไนไตรท์-ไนโตรเจนของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 0.15 mg/l ไนไตรท์-ไนโตรเจนน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ยเฉลี่ย 0.03 mg/l

การทดลองชุดที่ 2 ไนไตรท์-ไนโตรเจนของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 0.15 mg/l ไนไตรท์-ไนโตรเจนน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ยเฉลี่ย 0.04 mg/l

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำออกจากระบบ

ชุดการทดลอง	น้ำเข้า (mg/l) X ±SD	น้ำออก (mg/l) X±SD
1	0.15 ±0.06	0.03 ±0.02
1	0.15 ±0.06	0.03 ±0.02

หมายเหตุ ในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

4.2.2.3. ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท-ไนโตรเจน

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดไนเตรท-ไนโตรเจนเป็นดังนี้ (ตารางที่ 4.5)

การทดลองชุดที่ 1 ไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 0.19 mg/l ไนเตรท - ไนโตรเจนน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 0.11 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท - ไนโตรเจน เฉลี่ย 42.24 %

การทดลองชุดที่ 2 ไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 0.19 mg/l ไนเตรท - ไนโตรเจนน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 0.12 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท - ไนโตรเจน เฉลี่ย 35.69 %

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท-ไนโตรเจน

ชุดการทดลอง	น้ำเข้า (mg/l) X ±SD	น้ำออก (mg/l) X ±SD	ประสิทธิภาพ % X ±SD
1	0.34 ± 0.12	0.14 ± 0.05	57.46. ±3.59
1	0.34± 0.12	0.14 ± 0.05	47.84 ± 3.89

หมายเหตุ ในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

4.2.4 ประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอย

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย เป็นดังนี้ (ตารางที่ 4.6)

การทดลองชุดที่ 1 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 106.11 mg/l ปริมาณของแข็งแขวนลอยน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 16.65 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอย เฉลี่ย 84.91 %

การทดลองชุดที่ 2 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 106.11 mg/l ปริมาณของแข็งแขวนลอยน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 28.05 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอย เฉลี่ย 73.79 %

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอย

ชุดการทดลอง	น้ำเข้า (mg/l) $\bar{X} \pm SD$	น้ำออก (mg/l) $\bar{X} \pm SD$	ประสิทธิภาพ % $\bar{X} \pm SD$
1	106 ± 13	17 ± 6	$84.91. \pm 3.39$
2	106 ± 13	28 ± 8	73.79 ± 5.03

หมายเหตุ ในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

4.3 คุณลักษณะอื่น ๆ ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด

จากการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะอื่น ๆ ได้แก่ค่าเป็นกรดเป็นด่างและค่าความเค็ม ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดได้ผลเฉลี่ยเป็นดังนี้ (ตารางที่ 4.7)

4.3.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

การทดลองชุดที่ 1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 7.39 mg/l ค่าความเป็นกรด-ด่างน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 7.68 mg/l

การทดลองชุดที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 7.39 mg/l ค่าความเป็นกรด-ด่างน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 7.48 mg/l

4.3.2 ค่าความเค็ม

<u>การทดลองชุดที่ 1</u> ค่าความเค็มของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 31.23 mg/l ค่าความเค็มน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 29.13 mg/l

<u>การทดลองชุดที่ 2</u> ค่าความเค็มของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 31.23 mg/l ค่าความเค็มน้ำออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 28.77 mg/l

ตารางที่ 4.7 ค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าความเค็มของน้ำออกจากระบบบำบัด

พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง	น้ำเข้า $\bar{x} \pm SD$	น้ำออก $\bar{x} \pm SD$
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	1	7.4 ± 0.4	7.7 ± 0.3
	1	7.4 ± 0.4	7.7 ± 0.3
ความเค็ม (ppt)	1	31.2 ± 4.4	29.1 ± 3.6
	2	31.2 ± 4.4	28.8 ± 3.4

หมายเหตุ ในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

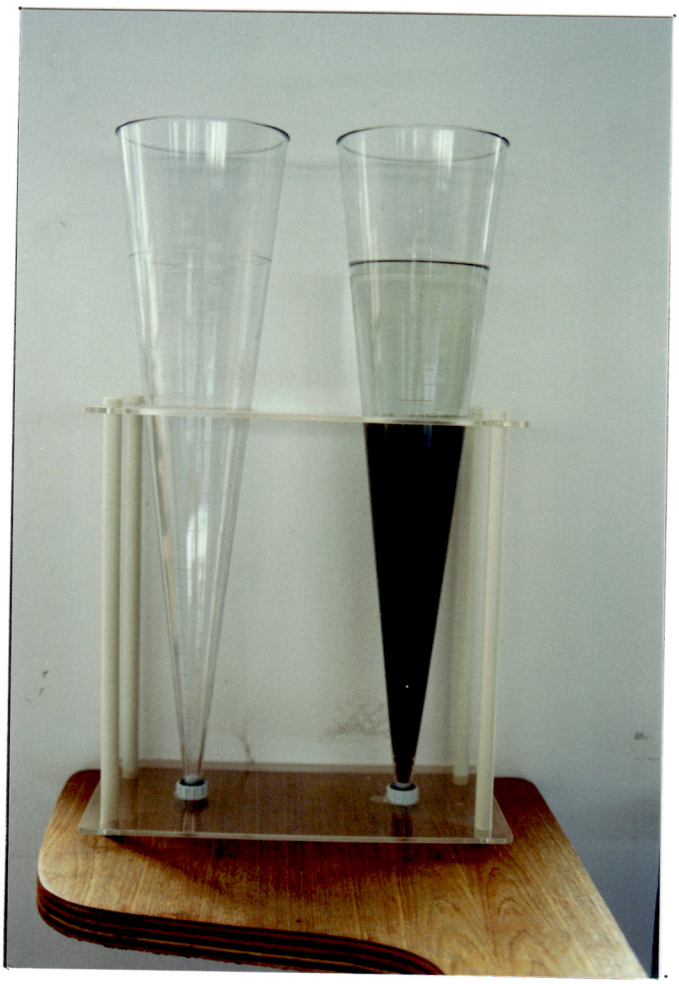
4.4 การตรวจสอบเพื่อควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ

ในการทดลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา โดยเฉพาะในขั้นตอนแรกของระบบซึ่งเป็นการบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนเร่งโดยอาศัยตะกอนจุลินทรีย์ช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งมีอยู่มากในน้ำทิ้งจากนากุ้ง หรือเติมลงไปในน้ำเพื่อการเลี้ยงกุ้ง เช่น อาหารกุ้ง เป็นต้น จำเป็นต้องมีการควบคุมสภาวะของระบบให้เหมาะสมในการย่อยสลายที่ปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากนากุ้งโดยเชื้อจุลินทรีย์ อันได้แก่ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ ออกซิเจน ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ดังนี้

4.4.1 ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์

โดยทั่วไปแล้วปริมาณของจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาจะคิดเป็นปริมาณตะกอนแขวนลอย (Mixed Liquor Suspended solids; MLSS) ซึ่งปริมาณตะกอนแขวนลอยจะต้องเหมาะสมกับปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าระบบ ระบบจึงจะสามารถทำงานได้อย่างเป็นปรกติ หากปริมาณจุลินทรีย์น้อยเกินไป จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ทัน จะทำให้เกิดสภาพ shocked load ขึ้นในถังปฏิกิริยาทำให้ระบบล้มเหลว สำหรับระบบเลี้ยงตะกอนเร่งในการ

ทดลองครั้งนี้ได้ควบคุมให้มีค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยในถังปฏิกริยาประมาณ 1,000 mg/l (ตารางที่ 4.8) ในทางปฏิบัตินอกจากการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณตะกอนแขวนลอยในถังปฏิกิริยาแล้ว ยังอาจประมาณค่าจากการทดสอบการตกตะกอน (Sludge volume; SVI)ได้โดยระบบที่มีสภาวะเหมาะสมนั้น การตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาควรมีค่า 30-40 เปอร์เซ็นต์ ของภาชนะที่ใช้ตกตะกอน ซึ่งนิยมใช้ Imhoff Cone หรือ กระบอกตวงขนาด 1,000 ml (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 การทดสอบการตกตะกอนของจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา

4.4.2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายในถังเติมอากาศของการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 พบว่า มีค่าเฉลี่ย 6.49 mg/l และ 6.35 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงเมื่อ Organic loading สูงขึ้น เนื่องมาจากปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำจะสัมพันธ์กับสิ่งเจือปนในน้ำ ดังนั้น Organic loading ที่สูงกว่าจะมีปริมาณสารอินทรีย์และสิ่งเจือปนมากกว่า ส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ประกอบกับจุลินทรีย์มีการนำออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้ได้เป็นพลังงานและสร้างเซลใหม่ ดังนั้นเมื่อจุลินทรีย์ได้รับสารอินทรีย์ในปริมาณมากขึ้น จึงทำให้การใช้ออกซิเจนเพิ่มตามไปด้วย อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้ได้มีการเติมอากาศให้เกินพอ เพื่อให้ปริมาณออกซิเจนในถังเติมอากาศพอเพียงแล้ว ยังก่อให้เกิดการกวนสมบูรณ์ขึ้นในถังปฏิกิริยา สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนโดยทั่วไปควรมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำปริมาณ 1-2 mg/l เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และป้องกันไม่ให้เกิดสภาพไร้อากาศขณะที่ตกตะกอน

4.4.3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ในระบบบำบัดน้ำเสียต้องไม่เป็นกรดหรือเป็นด่างเกินไป ค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 5-9 โดยค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ 7 สำหรับการทดลองครั้งนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่เข้าสู่ระบบมีค่า 7.38 และ 7.63 ในการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ตามลำดับ จัดว่าเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบ

4.4.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนคือ 35°C หรือไม่สูงกว่า 40°C ทั้งนี้เพราะที่อุณหภูมิสูง ๆ จุลินทรีย์จะไม่ทำปฏิกิริยาย่อยสลาย และมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ สำหรับการทดลองครั้งนี้ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ โดยให้อุณหภูมิในระบบเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศในแต่ละวัน จากการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำในระบบจะมีค่าอยู่ในช่วง 28-33 °C โดยมีค่าเฉลี่ย 30.63 °C ในการทดลองทั้ง 2 ชุด (ตารางที่ 4.8) ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.8 คุณลักษณะของน้ำในถังปฏิกิริยา

พารามิเตอร์	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2
ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ (mg/l)	1000.00 ±3.61	994.33 ±12.90
ปริมาณออกซิเจนละลาย (mg/l)	6.49 ±0.01	6.35 ±0.02
อุณหภูมิ (°C)	30.63 ±2.60	30.63 ±2.60
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	7.83 ±0.50	7.63 ±0.57

หมายเหตุ ในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษานี้เป็นการทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง โดยระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยาที่ประกอบด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนเร่งและการบำบัดโดยวิธีสาหร่ายผมนางโดยสร้างระบบบำบัดน้ำเสียจำลองที่ห้องปฏิบัติการอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

โดยได้ออกแบบการทดลองเป็นถังปฏิกิริยาแบบ Sequence Batch Reactor เนื่องจากสอดคล้องกับเหตุการณ์จริงในการเปลี่ยนถ่ายน้ำทิ้งจากนากุ้ง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในการถ่ายน้ำทิ้งจากนากุ้งจะกระทำเป็นช่วง ๆ การทำระบบแบบ Sequence Batch Reactor จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องเติมอากาศอย่างต่อเนื่องสามารถทำการเติมอากาศในถังปฏิกิริยาเฉพาะช่วงเวลาที่มีการถ่ายน้ำทิ้งจากนากุ้งเท่านั้น สำหรับตะกอนจุลินทรีย์ในระบบในระหว่างที่ไม่มีการถ่ายน้ำนั้นอาจสูบรวบรวมไว้ในถังซึ่งมีขนาดเล็กลงแล้วทำการเพาะเลี้ยงเพื่อรอใช้ในการบำบัดรอบต่อไป

ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในการศึกษาครั้งนี้ได้นำวิธีทางธรรมชาติมาร่วมในการบำบัดด้วย โดยเลือกใช้สาหร่ายผมนางมาช่วยลดมลสารกลุ่มไนโตรเจน นอกจากนี้สาหร่ายผมนางยังเป็นพืชที่สามารถทำรายได้เสริมให้แก่เกษตรกรได้อีกทางหนึ่งด้วย

ในการทดลองได้ทำการทดลลองเป็น 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ใช้เวลาในการบำบัดน้ำทิ้งโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนเร่งจากการเติมอากาศเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนที่จะทิ้งไว้ให้ตกตะกอนแล้วนำน้ำใสส่วนบนไปบำบัดต่อในบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนาง ส่วนการทดลองชุดที่ 2 ใช้เวลาในการเติมอากาศเพียง 4 ชั่วโมงแล้วจากนั้นดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลอง ชุดที่ 1 ทั้งการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 แต่ละชุดจะดำเนินการทดลองจำนวน 20 ครั้ง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ในการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากนากุ้งซึ่งใช้เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำมานานประมาณ 2 เดือน

น้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำที่นำมาทดลองบำบัดในการศึกษาครั้งนี้ได้มาจากนากุ้งกุลาดำในเขตอำเภอบางปะกงและอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งใช้เลี้ยงกุ้งมาแล้วนานประมาณ 2 เดือน ทำการทดลองการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำด้วยวิธีทางชีววิทยาโดยใช้

ระบบเติมอากาศแบบเลี้ยงตะกอนเร่งโดยทำการทดลองแบบ SequenceBatch Reactor ร่วมด้วยบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนาง ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลองได้แก่

การทดลองชุดที่ 1 กำหนด Organic loading เฉลี่ย 72.64 g BOD/m^3.d จากระยะเวลาการเก็บกักในถังปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง (การคำนวณ Organic loading แสดงในภาคผนวก ค)และระยะเวลาเก็บกักในบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางนาน 24 ชั่วโมง

การทดลองชุดที่ 2 กำหนด Organic loading เฉลี่ย 108.96 g BOD/m^3.d จากระยะเวลาการเก็บกักในถังปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง (การคำนวณ Organic loading แสดงในภาคผนวก ค)และระยะเวลาเก็บกักในบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางนาน 24 ชั่วโมง

จากผลการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้ (ตารางที่ 5.1 และภาพที่ 5.1)

5.1.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ในการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 สามารถบำบัดได้เฉลี่ย 58.10.%และ 49.25 % ตามลำดับ

5.1.2 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 สามารถบำบัดได้เฉลี่ย 57.46 %และ 47.84 % ตามลำดับ

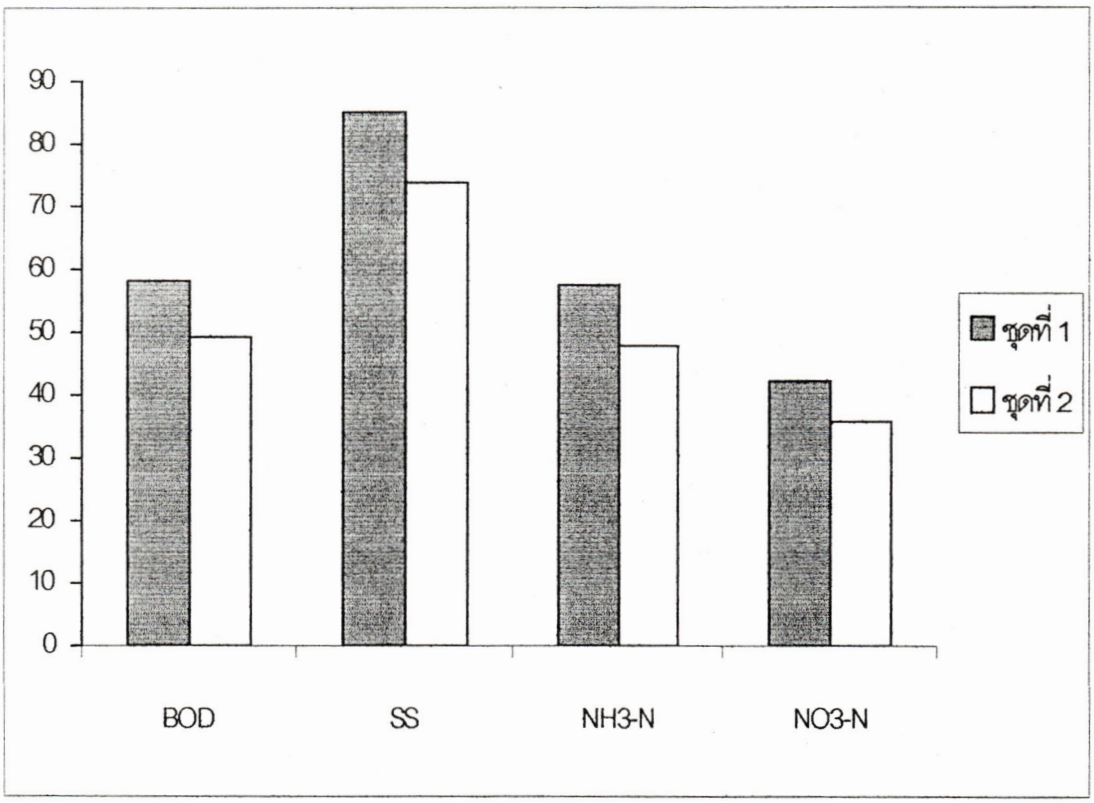
5.1.3 ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท-ไนโตรเจน ในการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 สามารถบำบัดได้เฉลี่ย 42.24.%และ 35.69 % ตามลำดับ

5.1.4 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ในการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 สามารถบำบัดได้เฉลี่ย 84.91.%และ 73.79 % ตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 สรุปประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบชีววิทยาจำลอง ชุดที่ 1 และชุดที่ 2

พารามิเตอร์	Removal Rate (%)		**ผลต่าง (%)**
	การทดลองชุดที่ 1	**การทดลองชุดที่ 2**	
บีโอดี (mg/l)	58.10 ± 3.46	49.25 ± 4.65	8.85 ± 3.75
ของแข็งแขวนลอย (mg/l)	84.91 ±3.39	73.79 ±5.03	10.71 ±5.40
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/l)	57.46 ±3.59	47.84 ±3.89	9.62 ±4.57
ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/l)	42.24 ±4.48	35.69 ±3.66	6.55 ±4.35

หมายเหตุ เฉพาะค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)



ภาพที่ 5.1 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ

5.2 อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาถึงคุณลักษณะของน้ำในนากุ้งกุลาดำ ซึ่งหลังจากเพาะเลี้ยงกุ้งประมาณ 3 เดือนแล้วก็จะถ่ายเททิ้ง เพื่อเตรียมการเพาะเลี้ยงกุ้งในรอบต่อไป ดังนั้นน้ำในนากุ้งนี้ต่อไปก็จะเป็นน้ำเสียที่ระบายทิ้งปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมต่อไปได้ โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากนากุ้งกุลาดำที่ทำการเพาะเลี้ยงกุ้งมาแล้วประมาณ 2 เดือน เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์พบว่า

ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำโดยทั่วไปยังอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง, ความเค็ม, ความเป็นด่าง, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ สำหรับปริมาณของแข็งแขวนลอย, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน และบีโอดี มีค่าค่อนข้างสูงอาจเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของกุ้งกุลาดำ โดยเฉพาะแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะที่น้ำมีค่าแอมโมเนียสูง กุ้งจะขับแอมโมเนียออกจากตัวได้ค่อนข้างยาก ทำให้เกิดการสะสมในตัวกุ้งโดยเฉพาะในเลือดและเนื้อเยื่อ

นอกจากนี้ยังทำให้ติดโรคได้ง่าย โดยปรกติความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนไม่ควรเกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์-ไนโตรเจนไม่ควรเกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในการทดลองโดยออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา ซึ่งประกอบด้วยการบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนเร่งและการบำบัดโดยใช้สาหร่ายผมนาง และดำเนินการทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำนานประมาณ 2 เดือน โดยในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนเร่งใช้ตะกอนจุลินทรีย์จากตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานมะม่วงดอง และจัดระบบการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ใช้ระยะเวลาในการบำบัดโดยการเติมอากาศนาน 6 ชั่วโมง ชุดที่ 2 ใช้ระยะเวลาในการบำบัดโดยการเติมอากาศนาน 4 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้ตกตะกอนและนำเอาน้ำใสส่วนบนไปบำบัดต่อในบ่อลเยงสาหร่ายผมนางนาน 24 ชั่วโมง เหมือน ๆ กันสำหรับการทดลองทั้ง 2 ชุด ก่อนที่จะเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการตรวจวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดของระบบโดยแยกการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดเป็นการบำบัดสารอินทรีย์ การบำบัดไนโตรเจนและการบำบัดสารอื่น ๆ

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของระบบในการทดลองชุดที่ 1 มีค่าสูงกว่าการทดลองชุดที่ 2 ทั้งนี้เพราะในการทดลองชุดที่ 1 มีระยะเวลาในการเก็บกักนานกว่า 6 ชั่วโมงต่อ 4 ชั่วโมง ทำให้จุลินทรีย์มีระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากกว่าสารอินทรีย์ที่ถูกใช้ไปไม่หมดจะไหลออกมากับน้ำทิ้ง อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งนี้ยังอยู่ในมาตรฐานโดยน้ำที่ปล่อยทิ้งจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเลในพื้นที่ตั้งแต่ 50 ไร่ขึ้นไป ต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการทดลองพบว่าน้ำที่เข้าระบบมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนค่อนข้างสูง เนื่องมาจากการขับถ่ายของเสียจากกุ้งและการย่อยสลายของอาหารกุ้งที่ตกค้างอยู่ในบ่อ สำหรับกระบวนการบำบัดมลสารจำพวกไนโตรเจนในการศึกษาทดลองครั้งนี้ แอมโมเนีย-ไนโตรเจนส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในถังปฏิกิริยาโดยจุลินทรีย์กลุ่ม nitrifying bacteria ซึ่งเจริญปะปนอยู่กับตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกิริยา หลังจากนั้นไนเตรท-ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นจะถูกบำบัดในบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางโดยการนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ไนเตรท-ไนโตรเจนบางส่วนอาจถูกบำบัดโดยจุลินทรีย์กลุ่ม denitrifying bacteria ที่เจริญอยู่ในชั้นทรายภายในบ่อเลี้ยงสาหร่ายและบริเวณรากของพืช

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการบำบัดของปริมาณของแข็งแขวนลอยในการทดลองชุดที่ 1 สูงกว่าการดทลองชุดที่ 2 ทั้งนี้เป็นเพราะมีสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ

มากขึ้นจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นและมีพลังงานในตัวมากทำให้ความสามารถในการตกตะกอนลดลง อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยของระบบมีค่าค่อนข้างสูง อาจเนื่องมาจากสาหร่ายผมนางในบ่อบำบัดสุดท้าย ช่วยสะกัดกั้นของแข็งแขวนลอยไว้ อีกทั้งมีระยะเวลาพักในบ่อนี้เป็นเวลานานทำให้อนุภาคต่าง ๆ ตกตะกอนได้ดีขึ้น

จากผลการทดลองสำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่เข้าระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบพบว่าภายหลังการบำบัด ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องมาจากสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แยกตัวออกจากน้ำและประกอบกับถูกพืชในบ่อบบำบัดน้ำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงจึงทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเปลี่ยนแปลงไม่มากและยังอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบบำบัด

สำหรับค่าความเค็มของน้ำที่เข้าระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบพบว่า มีค่าลดลงเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์และพืชมีการนำแร่ธาตุต่าง ๆ ไปใช้ในการดำรงชีวิต และบางส่วนอาจถูกดูดซับไว้โดยชั้นทรายในบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางจึงอาจกล่าวได้ว่า ระบบบำบัดแบบชีววิทยาไม่สามารถบำบัดความเค็มให้มีค่าต่ำ ๆ ได้

จากผลการศึกษาทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดจะลดลงเมื่อค่า organic loading สูงขึ้น หรือมีระยะเวลาเก็บกักสั้นลง และการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งโดยระบบบำบัดแบบชีววิทยาสามารถลดค่าความเค็มลงได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับผลการศึกษาครั้งนี้เป็นผลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้ระบบบำบัดจำลองซึ่งสามารถควบคุมได้ง่าย หากทำการศึกษาทดลองในภาคสนามอาจได้ค่าที่แตกต่างออกไป อย่างไรก็ตามผลการบำบัดมลสารจำพวกไนโตรเจนโดยเฉพาะไนเตรท-ไนโตรเจนพบว่ายังมีค่าค่อนข้างสูงไม่เหมาะที่จะนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับไปใช้เลี้ยงกุ้งอีก การเพิ่มระยะเวลาในการเก็บกักในบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางให้นานขึ้นอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการบบำบัด จนสามารถบำบัดไนเตรท-ไนโตรเจนให้มีค่าลดต่ำลงเพื่อให้น้ำที่ผ่านการบำบัดสามารถนำกลับไปใช้หมุนเวียนในการเลี้ยงกุ้งได้ต่อไป

จากการเปรียบเทียบผลการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 พบว่า การทดลองชุดที่ 1 มีประสิทธิภาพการบำบัดมลสสารต่าง ๆ ได้สูงกว่าการทดลองชุดที่ 2 ซึ่งเมื่อนำมาคิด Organic loading แล้ว พบว่าการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มีค่า 72.64 g BOD/m^3.d 108.96 g BOD/m^3.d ตามลำดับเมื่อ Organic loading เพิ่มสูงขึ้นนั้นระยะเวลาเก็บกักในถังปฏิกิริยาจะลดลง ทำให้จุลินทรีย์มีระยะเวลาในการย่อยสลายมลสารต่าง ๆ ได้น้อยลง โดยเฉพาะสารอินทรีย์ยังถูกจุลินทรีย์ใช้ไปไม่หมดจึงทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการทดลองเพิ่มระยะเวลาในการเก็บกักในบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางให้ยาวนานขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน
2. ทำการศึกษาทดลองโดยใช้พืชชนิดอื่นมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดซึ่งควรเป็นพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและทนความเค็มได้
3. ควรทำการศึกษาทดลองด้วยระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบนำร่องโดยการประยุกต์ใช้ในสถานที่จริง

เอกสารอ้างอิง

1. ประวิทย์ โตวัฒนะ และ พิภพ ปราบณรงค์. การสะสมตัวและการเคลื่อนที่ของไอออนจากน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งในหน้าตัดดินที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและทรัพยากรดินในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลานครินทร์ วทท,2539 .
2. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎ์ธานี, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารเผยแพร่วิชาการเรื่อง สิ่งแวดล้อมกับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล: บริเวณอ่าวบ้านดอน จ.สุราษฎร์ธานี, 2534.
3. บริษัทเครือเจริญโภคภัณฑ์. วารสารเครือเจริญโภคภัณฑ์, 2537,6(75) :1
4. วิภูษิต มัณฑะจิตร, วรวิทย์ ชีวาพร, สมถวิล จริตควร. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ, Penaeus monodon Fabricius (ปัจจัยทางกายภาพ) ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2534.
5. ศุภชัย นิลวานิช. กุ้งกุลาดำทางเลือก-ทางรอด. มติชน: กรุงเทพฯ, 2540.
6. ประจวบ หลำอุบล. ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มปป.
7. ฝ่ายสถิติและประมวลผล กองนโยบายและแผนงานประมง. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สถิติการเลี้ยงกุ้งทะเลปี 2535. เอกสารที่ 3/2536, กรุงเทพฯ, 2536.
8. Siri Toolwinas. Environmental Impact Assessment for Intensive Marine Shrimp Farming in Thailand. International Seminar on Marine Fisheries Environment 9-10 March 1995, Rayong, Thailand (EMDEC & JICA) , 1995.
9. คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิชาการสัตว์น้ำ. มปป.
10. วรรณา รัตนโกสีย์กิจ. เอกสารเผยแพร่เรื่องคุณภาพน้ำและดินกลับการเลี้ยงกุ้งทะเล. มปป.
11. วรางคณา ลังสิทธิสวัสดิ์. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทากายภาพและเคมี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. พิมพ์ครั้งที่ 2, 2539.

12. วิทูล ธีพงศธร. การใช้เถ้าแกลบดำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2536.

13. สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา. ข้อควรพิจารณาในการจัดการบ่อเลี้ยงกุ้งตัวแปรที่ควรตรวจวิเคราะห์ในสภาพบ่อที่เลี้ยงแบบพัฒนา. สัตว์น้ำ , 2534.

14. ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. ระบบน้ำและของเสียในบ่อกุ้ง. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ , 2531.

15. Merck Ltd. Thailand. การควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อกุ้ง ทำได้อย่างไร. Merck Lab News Issue No.9 Jan-March, 1998.

16. สินีนุช ศิรวุฒินานนท์. การใช้ระบบบ่อเติมอากาศในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2535.

17. มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, ไพพรรณ พรประเภท. การจัดการคุรภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์อื่น ๆ เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ,2538.

18. Kriengkrai Satapornvanti. The Environmental Impact of Shrimp Farm Effuent. Master of Science. Asian Institute of Technology, 1993.

19. Macintosh, D.J, and M.J. Phillips. Environmental considerations in shrimp farming. Infofish International, 1992.

20. สิริ ทุกข์วินาศ. การควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. แมกซ์แอนเดอร์สัน. วารสารการประมง ปีที่ 43 ฉบับที่ 3: 205-207.

21. เสริมพล รัตนสุขและ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงทพฯ : โรงพิมพ์สาถบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2535.

22. Siri Toolwinas. Environmental Impact Assessment for Intensive Marine Shrimp Farming in Thailand. International Seminar on Marine Fisheries Environment 9-10 March 1995. Rayong. Thailand (EMDEC & JICA) , 1995.

23. อนันต์ ตันสุตพานิช. หลักการปรับเปลี่ยนโครงสร้างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ "วิธีการฟื้นฟูการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและสภาพแวดล้อมในระบบปิดและรีไซเคิล" เอกสารเผยแพร่วิชาการ. กรมประมง,2539.

24. อนันต์ ตันสุตะพานิช และคณะ. ศึกษาแนวทาฟื้นฟูการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด (การบำบัดเลนและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งรุ่นที่ 2 กลับมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งรุ่นที่ 3) เอกสารเผยแพร่วิชาการ, กรมประมง, 2539.

25. ชาติ ผดุงกุล. เลี้ยงกุ้งกุลาน้ำจืดพันกว่าไร่ด้วยระบบไซเคิลน้ำ. วารสารสัตว์น้ำ ฉบับประจำเดือนพฤศจิกายน,2537.

26. พัฒนา มูลพฤกษ์. อนามัยสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ, 2539.

27. Sansanayuth P. et.al, Shrimp pond effluent : polllution problems and treatment by constructed wetlands. Wat.Sci.Tech. Vol.34 No.11, 1996.

28. ดุจนภา คำเพชร และคณะ. โครงการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยสาร Zeolite. รายงานการศึกษาเฉพาะด้านในงานอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยบูรพา, 2541.

29. Hammer MJ. Water and Wastewater Technology 2nd ed. Singapore : John Wiley and Sons Inc} 1986.

30. ภูไทย กมลวารินทร์. การศึกษาประสิทธิภาพการนำระบบฟิล์มชีวเข้าไปเสริมระบบเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2536.

31. รตีวรรณ อ่อนรัศมี. การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบฟิล์มชีวโดยใช้โฟมโพลียูรีเทนเป็นตัวกลางยึดเกาะ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย,มหาวิทยาลัยมหิดล, 2537.

32. พัฒน์ สุจำนงค์. อนามัยสิ่งแวดล้อม . เชียงใหม่: หน่วยวารสารวิชาการคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2539.

33. Metcalf & Eddy Inc. Wastewater Engineering 3rd ed Singapor: McGraw-Hill, 1981.

34. McPherson. G.B. et al. Wetlands Application of Reclaimed Water. Water environment & Technology. March ,1997.

35. Reimlod R.B. and Mc Brien M.A. Evaluation Wetlands Treatment Systems for Alexandria, Egypt. Water envirnometn & Technology. March, 1997.

36. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.ระบบบึงประดิษฐ์เอกสารประกอบการสาธิตแบบจำลองระบบบึงประดิษฐ์. เมษายน, 2540.

37. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยนิยมใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย 9 ระบบ. วารสารเดอะกรีน ปีที่ 2 ฉบับที่ 18, 2539.

ภาคผนวก ก
สภาพนากุ้งกุลาดำ

ภาพที่ 1 ก สภาพนากุ้งกุลาดำแบบพัฒนา

ภาพที่ 2 ก เครื่องเติมน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจน

ภาพที่ 3 ก ลานกลางบ่อเพื่อช่วยการไหลวนของน้ำในนากุ้ง

ภาพที่ 4 ก จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 น้ำในแม่น้ำปิงบริเวณตำบลท่าตะโก อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

ภาพที่ 5 ก การตากบ่อภายหลังจับกุ้ง

ภาพที่ 6 ก จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ภาพที่ 7 ก อาหารกุ้งชนิดสำเร็จรูป

ภาพที่ 8 ก การให้อาหารกุ้งกุลาดำ

ภาพที่ 9 ก จุดยกยอเพื่อสุ่มดูสุขภาพของกุ้ง

ภาคผนวก ข
รายละเอียดผลการทดลอง

ตารางที่ 1ข ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี

ครั้งที่	ค่า BOD เข้าระบบ (mg/l)	ค่า BOD ออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัด			
		การทดลองชุดที่ 1		การทดลองชุดที่ 2	
		ค่า BOD (mg/l)	% removal	ค่า BOD (mg/l)	% removal
1	20.04	8.89	55.64	12.00	40.12
2	19.63	7.75	60.52	9.71	50.53
3	18.71	8.02	57.14	10.80	42.28
4	17.36	7.90	54.49	8.97	48.33
5	16.51	6.87	58.39	8.01	51.48
6	20.33	9.00	55.73	10.80	46.88
7	19.90	8.96	54.97	9.84	50.55
8	19.21	8.52	55.65	9.02	53.05
9	18.63	8.01	57.00	8.50	54.37
10	18.80	8.39	55.37	9.33	50.37
11	18.00	7.69	57.28	9.40	47.78
12	17.68	6.72	61.99	8.16	53.85
13	16.90	6.88	59.29	7.84	53.61
14	16.50	6.17	62.61	7.93	51.94
15	19.71	9.03	54.19	11.14	43.48
16	18.18	8.65	52.42	10.81	40.54
17	17.70	7.19	59.38	9.56	45.99
18	17.06	6.30	63.07	8.25	51.64
19	16.34	5.75	64.81	7.60	53.49
20	16.10	6.11	62.05	7.29	54.72
ค่าเฉลี่ย	18.16	7.64	58.10	9.25	49.25
SD	1.35	1.07	3.46	1.33	4.65

ตารางที่ 2ข ผลการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ครั้งที่	ค่า NH3-N เข้าระบบ (mg/l)	ค่า NH3-N ออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัด			
		การทดลองชุดที่ 1		การทดลองชุดที่ 2	
		ค่า NH3-N (mg/l)	% removal	ค่า NH3-N (mg/l)	% removal
1	0.492	0.209	57.52	0.244	50.41
2	0.447	0.189	57.42	0.208	53.47
3	0.413	0.175	57.63	0.192	53.51
4	0.360	0.121	66.39	0.174	51.67
5	0.314	0.117	62.74	0.165	47.45
6	0.611	0.273	55.32	0.300	50.90
7	0.543	0.248	54.33	0.275	49.36
8	0.404	0.189	53.22	0.205	49.26
9	0.370	0.161	56.49	0.189	48.92
10	0.279	0.108	61.29	0.126	54.84
11	0.243	0.102	58.02	0.130	46.50
12	0.219	0.099	54.79	0.123	43.83
13	0.196	0.074	62.24	0.114	41.84
14	0.207	0.084	59.42	0.109	47.34
15	0.301	0.145	51.83	0.167	44.52
16	0.295	0.130	55.93	0.158	46.44
17	0.272	0.125	51.04	0.155	43.01
18	0.291	0.122	58.07	0.169	41.92
19	0.250	0.114	54.40	0.139	44.40
20	0.244	0.103	57.79	0.129	47.13
ค่าเฉลี่ย	0.338	0.144	57.29	0.174	47.84
SD	0.116	0.054	3.80	0.052	3.89

ตารางที่ 3ข ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนที่ออกจากระบบ

ครั้งที่	ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเข้าระบบ (mg/l)	ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนออกจากระบบ (mg/l)	
		การทดลองชุดที่ 1	การทดลองชุดที่ 2
1	0.195	0.011	0.030
2	0.177	0.013	0.024
3	0.148	0.017	0.020
4	0.161	0.014	0.017
5	0.112	0.009	0.013
6	0.055	0.027	0.031
7	0.086	0.018	0.026
8	0.072	0.016	0.022
9	0.051	0.010	0.011
10	0.207	0.044	0.057
11	0.199	0.039	0.046
12	0.163	0.028	0.033
13	0.097	0.019	0.021
14	0.092	0.023	0.018
15	0.226	0.092	0.095
16	0.214	0.081	0.079
17	0.221	0.046	0.058
18	0.189	0.049	0.055
19	0.170	0.037	0.074
20	0.139	0.032	0.058
ค่าเฉลี่ย	**0.149**	**0.031**	**0.039**
SD	**0.057**	**0.023**	**0.024**

ตารางที่ 4ข ผลการบำบัดไนเตรท-ไนโตรเจน

ครั้งที่	ค่า NO3-N เข้าระบบ (mg/l)	ค่า NO3-N ออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัด			
		การทดลองชุดที่ 1		การทดลองชุดที่ 2	
		ค่า NO3-N (mg/l)	% removal	ค่า NO3-N (mg/l)	% removal
1	0.178	0.100	43.82	0.115	35.39
2	0.167	0.089	46.71	0.106	36.53
3	0.171	0.109	36.26	0.113	33.92
4	0.190	0.114	40.00	0.125	34.21
5	0.159	0.096	39.62	0.116	27.04
6	0.157	0.098	37.58	0.108	31.21
7	0.163	0.102	37.42	0.116	28.83
8	0.159	0.088	44.65	0.101	36.48
9	0.152	0.077	49.34	0.094	38.16
10	0.199	0.092	53.77	0.118	40.70
11	0.209	0.120	42.58	0.137	34.45
12	0.201	0.112	44.28	0.128	36.31
13	0.186	0.118	36.56	0.111	40.32
14	0.177	0.106	40.11	0.109	38.42
15	0.254	0.142	44.09	0.167	34.25
16	0.248	0.139	43.95	0.155	37.50
17	0.227	0.130	42.73	0.149	34.36
18	0.216	0.136	37.04	0.139	35.65
19	0.209	0.123	41.14	0.125	40.19
20	0.211	0.120	43.13	0.127	39.81
ค่าเฉลี่ย	0.192	0.111	42.24	0.123	35.69
SD	0.030	0.018	4.48	0.019	3.66

ตารางที่ 5ข ผลการบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอย

ครั้งที่	ค่า SS เข้าระบบ (mg/l)	ค่า SS ออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัด			
		การทดลองชุดที่ 1		การทดลองชุดที่ 2	
		ค่า SS (mg/l)	% removal	ค่า SS (mg/l)	% removal
1	113	20	82.00	32	71.68
2	105	26	84.76	29	72.38
3	101	22	78.22	25	75.25
4	97	14	85.57	22	77.32
5	90	13	85.56	19	78.89
6	128	24	81.25	40	68.75
7	125	26	79.20	38	69.60
8	122	20	83.61	41	66.39
9	116	19	83.62	32	72.41
10	105	17	83.80	28	73.33
11	98	12	87.76	31	69.37
12	92	9	90.22	30	67.39
13	89	11	87.64	18	79.76
14	84	9	89.29	19	77.38
15	125	21	83.20	45	64.00
16	119	17	85.71	30	74.79
17	107	15	85.98	24	77.57
18	101	18	82.18	22	78.22
19	99	11	88.89	19	80.80
20	87	9	89.66	17	80.46
ค่าเฉลี่ย	106	17	84.91	28	73.79
SD	13	6	3.39	8	5.03

ตารางที่ 6ข ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของการทดลอง

ครั้งที่	ค่าความเป็นกรด-ด่างเข้าระบบ	ค่าความเป็นกรด-ด่างออกจากระบบ	
		การทดลองชุดที่ 1	การทดลองชุดที่ 2
1	6.8	7.2	7.0
2	7.1	7.3	7.1
3	6.9	7.5	7.1
4	6.8	7.5	7.3
5	7.2	7.6	7.4
6	7.8	7.9	7.8
7	7.7	8.1	7.8
8	7.8	8.0	7.8
9	7.4	7.5	7.3
10	7.2	7.3	7.3
11	7.5	7.7	7.5
12	7.3	7.7	7.4
13	6.9	7.2	7.0
14	6.8	7.1	6.9
15	8.2	8.3	8.1
16	8.0	8.1	7.9
17	7.8	8.0	7.9
18	7.6	7.9	7.7
19	7.5	7.8	7.6
20	7.4	7.8	7.6
ค่าเฉลี่ย	**7.4**	**7.7**	**7.5**
SD	**0.4**	**0.3**	**0.3**

ตารางที่ 7ข อุณหภูมิของน้ำเข้าระบบ

ครั้งที่	อุณหภูมิของน้ำเข้าระบบ oC
1	28.0
2	30.7
3	33.2
ค่าเฉลี่ย	30.6
SD	2.6

ตารางที่ 8ข ค่าความเค็มของน้ำในการทดลอง

ครั้งที่	ค่าความเค็มเข้าระบบ (ppt)	ค่าความเค็มของน้ำออกจากระบบ (ppt)	
		การทดลองชุดที่ 1	การทดลองชุดที่ 2
1	26.2	25.0	24.8
2	33.0	31.1	30.9
3	34.5	31.3	30.6
ค่าเฉลี่ย	31.2	29.1	28.8
SD	4.4	3.6	3.4

ตารางที่ 9ข ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในถังปฏิกริยา

ครั้งที่	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในถังปฏิกริยา (mg/l)	
	การทดลองชุดที่ 1	การทดลองชุดที่ 2
1	6.51	6.37
2	6.49	6.33
3	6.48	6.35
ค่าเฉลี่ย	6.49	6.35
SD	0.02	0.02

ตารางที่ 10ข ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา

ครั้งที่	ค่าความเป็นกรด-ด่าง		ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ (mg/l)	
	การทดลองชุดที่ 1	การทดลองชุดที่ 2	การทดลองชุดที่ 1	การทดลองชุดที่ 2
1	7.3	7.0	1003	998
2	7.9	7.8	1001	1005
3	8.3	8.1	996	980
ค่าเฉลี่ย	7.8	7.6	1000	994
SD	0.5	0.6	4	13

ภาคผนวก ค

การคำนวณ Organic Loading ของระบบ

1. การคำนวณอัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่ระบบ

$$\text{flow rate} = \frac{\text{Volume of tank}}{\text{time}}$$

การทดลองชุดที่ 1

$$\text{flow rate} = \frac{15\ \text{L} \times 24\text{hrs}}{6\text{hrs} \quad \text{d}}$$

$$= 60\ \text{L/d}$$

การทดลองชุดที่ 2

$$\text{flow rate} = \frac{15\ \text{L} \times 24\text{hrs}}{4\ \text{hrs} \quad \text{d}}$$

$$= 90\ \text{L/d}$$

2. การคำนวณ Organic loading

$$\text{Organic Loading} = \frac{\text{BOD} \times \text{flow rate}}{\text{Volume of tank}}$$

การทดลองชุดที่ 1

$$\text{Organic Loading} = 18.16 \times \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{60\text{L}}{\text{d}} \times \frac{1}{15\text{L}} \times \frac{1000\text{L}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{g}}{1000\text{mg}}$$

$$= 72.64\ \text{g BOD/m}^3\text{.d}$$

การทดลองชุดที่ 2

$$\text{Organic Loading} = 18.16 \times \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{90\text{L}}{\text{d}} \times \frac{1}{15\text{L}} \times \frac{1000\text{L}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{g}}{1000\text{mg}}$$

$$= 108.96\ \text{g BOD/m}^3\text{.d}$$