สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งต่อเนื่อง

Semi-Continuous Process of Water Treatment for a Prawn Farming

T050266

โดย

นางสาวสาริกร มณีแสน

นายอธิการ ไพสนิท

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50266
วัน,เดือน,ปี 28 เม.ย. 2547

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งต่อเนื่อง

ผู้จัดทำ

1. นางสาวสาริกร มณีแสน
2. นายอธิการ ไพสนิท

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. วิภา เจียระไนวชิระ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งต่อเนื่อง

สาริกร มณีแสน

อธิการ ไพสนิท

ดร.วิภา เจียระไนวชิระ อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาถึงเรื่องการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยทำการนำน้ำตัวอย่างจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่อายุกุ้ง 30, 60, 75, และ 90 วัน แบ่งออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกนำมาหาค่าคุณสมบัติของน้ำเริ่มต้นคือ ค่าพีเอช ค่าสารแขวนลอย และค่าบีโอดี และน้ำส่วนที่สองนำมาผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ในส่วนนี้ได้แบ่งการทดลองเป็น 3 แบบ คือแบบกะ แบบกึ่งต่อเนื่อง และแบบต่อเนื่อง ผลที่ได้จากการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่อง มาเปรียบเทียบกับการบำบัดแบบกะและแบบต่อเนื่อง จากการศึกษาพบว่าตลอดการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง ตั้งแต่เดือนแรกจนกระทั่งจับกุ้ง ค่าคุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดทั้งสามแบบอยู่ในช่วงที่กฎหมายกำหนดไว้ นอกจากนี้จากการทดลองพบว่า การบำบัดแบบต่อเนื่องจะให้ค่าคุณสมบัติของน้ำดีที่สุด รองลงมาคือการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องและแบบกะ ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบทางด้านค่าใช้จ่าย ระบบบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องมีความเหมาะสมกว่าแบบต่อเนื่อง ซึ่งสามารถนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงเพื่อใช้ในบ่อเลี้ยงกุ้งจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Semi-Continuous Process of Water Treatment for a Prawn Farming

Sarikorn	Maneesean	
Atikarn	Paisanit	
Dr.Vipa	Jayranaiwachira	Advisor
Pattarachai	Wichaiya	Advisor

Abstract

This project studies in semi-continuous process of wastewater treatment for a prawn farming. By taking sample water from prawn farming at age of prawn of 30, 60, 75, and 90 days . The sample of water is divided to two parts. The first part is to determine the initial value of pH, suspended solid, and biochemical oxygen demand (BOD) and the second part is taken the experimental set-up which has three wastewater treatment process such as a batch, semi-continuous, and continuous. The results of semi-continuous type are compared to batch type and continuous type. Result show the quality of sample water in prawn farming since the first mount until catching prawn that their properties are not over than the law limited of effluent. The results also show that best properties effluent are from continuous type, The second is the semi-continuous type and latter is the batch type. However,Comparing with operating cost, the semi-continuous process is the most appropriate system which can further develop to the real prawn farming.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
สารบัญ		(I-II)
สารบัญรูป		(II)
สารบัญตาราง		(IV)
บทที่1 บทนำ		
1.1	ประวัติและความเป็นมา	1
1.2	การศึกษาที่ผ่านมา	1
1.3	กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้ง	2
1.4	ขอบข่ายและวัตถุประสงค์ที่ศึกษา	3
บทที่2 คุณลักษณะพื้นฐานของน้ำเสีย		
2.1	ลักษณะทางกายภาพ	4
2.2	ลักษณะน้ำเสียทางเคมี	6
2.3	ลักษณะน้ำเสียทางชีววิทยา	8
2.4	การเก็บตัวอย่างน้ำ	8
บทที่3 บ่อบำบัดน้ำเสีย		
3.1	บ่อแอโรบิค	9
3.2	บ่อออกซิเดชัน	9
3.3	บ่อหมักไร้ออกซิเจน	10
3.4	บ่อเติมอากาศ	10
3.5	ข้อดีและข้อเสียของระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย	11
3.6	กระบวนการในการบำบัดน้ำเสีย	11
3.7	การเลือกใช้บ่อบำบัดน้ำเสีย	16
3.8	การออกแบบบ่อออกซิเดชัน	17
3.9	การออกแบบบ่อเติมอากาศ	18
บทมี่4 การดำเนินการทดลองและอุปกรณ์		
4.1	การดำเนินการทดลองโดยเก็บข้อมูลจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง	21
4.2	วิธีการสร้างบ่อทดลอง	28
4.3	การดำเนินการทดลองโดยเก็บข้อมูลจากบ่อทดลอง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดลองค่าสารแขวนลอย 31

5.2 ผลการทดลองค่าความต้องการออกซิเจน 32

5.3 ผลการทดลองค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 34

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง 36

6.2 ข้อเสนอแนะ 37

เอกสารอ้างอิง 38

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ค่าพื้นฐานของน้ำตัวอย่างก่อนการบำบัด (ก1-ก12)

ภาคผนวก ข. ค่าพื้นฐานของน้ำตัวอย่างหลังการบำบัด (ข1-ข12)

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 3.1	บ่อออกซิเดชัน	10
รูปที่ 3.2	บ่อเติมอากาศ	11
รูปที่ 3.3	เครื่องเติมอากาศแบบใบพัดตีน้ำ	14
รูปที่ 3.4	เครื่องให้อากาศแบบแอร์เจ็ต	14
รูปที่ 3.5	เครื่องเติมอากาศแบบเคล้าน้ำ	15
รูปที่ 4.1	บ่อเลี้ยงกุ้งจริงและตำแหน่งการเก็บน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง	21
รูปที่ 4.2	การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อกุ้งจริง	22
รูปที่ 4.3	การเก็บตัวอย่างน้ำใส่ถังเก็บ	23
รูปที่ 4.4	บีกเกอร์, ปิเปต, และกระดาษกรอง	23
รูปที่ 4.5	เครื่องดูดสุญญากาศและชุดกรอง	23
รูปที่ 4.6	โถทำแห้ง	24
รูปที่ 4.7	ขวดบีโอดี	25
รูปที่ 4.8	เครื่องวัดออกซิเจนละลาย	25
รูปที่ 4.9	การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง	26
รูปที่ 4.10	การเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดบีโอดี	26
รูปที่ 4.11	การวัดค่าออกซิเจนละลาย	26
รูปที่ 4.12	เครื่องวัดพีเอช	27
รูปที่ 4.13	บ่อทดลองแบบกะ	29
รูปที่ 4.14	บ่อทดลองแบบกึ่งต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง	29
รูปที่ 4.15	ระบบบำบัดแบบกะ	30
รูปที่ 4.16	ระบบบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่อง	30
รูปที่ 4.17	ระบบบำบัดแบบต่อเนื่อง	30
รูปที่ 5.1	เปรียบค่าเฉลี่ยสารแขวนลอยก่อนและหลังการบำบัด	31
รูปที่ 5.2	เปรียบค่าเฉลี่ยบีโอดีก่อนและหลังการบำบัด	32
รูปที่ 5.3	เปรียบค่าเฉลี่ยพีเอชก่อนและหลังการบำบัด	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ประโยชน์ของข้อมูลค่าปริมาณของแข็งที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย	4
ตารางที่ 2.2	ความสามารถของออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่สภาวะต่างๆ	7
ตารางที่ 2.3	วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำและช่วงเวลากักเก็บและปริมาณน้ำตัวอย่างที่ควรเก็บ	8
ตารางที่ 3.1	ค่าภาระอินทรีย์สำหรับออกแบบ	18
ตารางที่ 5.1	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสารแขวนลอยที่ได้ก่อนและหลังการบำบัด	31
ตารางที่ 5.2	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของบีโอดีที่ได้ก่อนและหลังการบำบัด	33
ตารางที่ 5.3	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพีเอชที่ได้ก่อนและหลังการบำบัด	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ประวัติและความเป็นมา

อาชีพเลี้ยงกุ้งเป็นอาชีพที่ทำรายได้ค่อนข้างดี เนื่องจากกุ้งเป็นสินค้าที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศในปริมาณมาก ซึ่งกุ้งเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีรสชาติดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จึงทำให้มีเกษตรกรหันมาทำอาชีพเลี้ยงกุ้งมากขึ้น เมื่อมีฟาร์มกุ้งมากขึ้นน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก็มากขึ้นเช่นกัน จึงเป็นเหตุให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะต่ำลง ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและพื้นที่การเกษตรที่อยู่ใกล้เคียง ทางรัฐบาลจึงได้มุ่งเน้นควบคุมปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงกุ้งมากขึ้น และได้มีการออกค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งซึ่งบังคับใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 เป็นต้นมา

ด้วยเหตุนี้คณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นความสำคัญและผลกระทบที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อม โดยจะได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยได้สร้างบ่อทดลอง และทำการวัดค่าบีโอดี พีเอช และสารแขวนลอย เพื่อทำการศึกษาระบบการบำบัด และหาประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับระบบการบำบัดน้ำเสียแบบกะ และแบบต่อเนื่อง เพื่อให้น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ได้ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งตามที่กฎหมายกำหนดไว้ ผลที่ได้จากการวิจัยคณะผู้จัดทำคาดว่าจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งจริง

1.2 การศึกษาที่ผ่านมา

ในบ่อเลี้ยงกุ้งมีสารอาหาร โดยเฉพาะสารประกอบไนโตรเจนอยู่ในปริมาณมาก ผลต่อเนื่องของการที่มีสารอาหารและสารอินทรีย์ในบ่อสูงเช่นนี้ จะทำให้สิ่งมีชีวิตเล็กๆ ในบ่อเลี้ยงกุ้ง เช่น แพลงค์ตอน และจุลินทรีย์ มีการเจริญเติบโตมากขึ้น ซึ่งทำให้ความต้องการบริโภคออกซิเจนมากขึ้นตามไปด้วย คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดคือ ความโปร่งใส ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงลดลง ส่วนตะกอนแขวนลอยทั้งหมด, บีโอดี, และซีโอดี จะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (คณิตและคณะ, 2535) แนวทางการลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจน,ลดปริมาณแพลงค์ตอน และเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ซึ่งสามารถทำได้โดยจัดระบบบำบัดน้ำทิ้งที่เน้นการเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงรูปของสารประกอบไนโตรเจน โดยเฉพาะจากแอมโมเนียให้กลายเป็นไนเตรท ซึ่งทำได้โดยใช้บ่อบำบัด ที่มีการเพิ่มการให้ออกซิเจนและเก็บน้ำทิ้งโดยใช้ระยะเวลาหนึ่งซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม ผลจากการเพิ่มออกซิเจนและเก็บกักน้ำจะทำให้สารอาหารที่เกิดขึ้นหรือมีอยู่ในบ่อถูกแพลงค์ตอนดูดซึมไปใช้ในการเจริญเติบโต และลดความต้องการบริโภคออกซิเจนของน้ำไปได้ส่วนหนึ่ง ในระบบบำบัดน้ำทิ้งที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น อาจมีความจำเป็นต้องใช้บ่อตกตะกอนร่วมด้วย (พุทธ ส่องแสงจินดา, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาถึงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงกับคลองส่งน้ำ พบว่าในบ่อเลี้ยงมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมากกว่าในคลองส่งน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากมีการเพิ่มออกซิเจนโดยการติดตั้งเครื่องตีน้ำ (Paddlewheel) ทำให้น้ำเกิดการหมุนเวียนช่วยให้ออกซิเจนละลายลงสู่แหล่งน้ำได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ในบ่อเลี้ยงยังมีแพลงค์ตอนพืชในปริมาณที่หนาแน่นกว่าในคลองส่งน้ำ แพลงค์ตอนพืชจะมีผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยแพลงค์ตอนพืชจะเป็นผู้ให้ออกซิเจนแก่แหล่งน้ำจากการสังเคราะห์แสง (สะไบทิพย์ และคณะ, 2543) การศึกษาพัฒนาระบบชีวภาพแบบ Code of Conduct ระบบบำบัดหมุนเวียนประกอบด้วยบ่อเลี้ยงและบ่อบำบัด ในอัตราส่วนของพื้นที่ 4:1 น้ำในบ่อที่ถูกถ่ายออกมาทั้งหมดจะไหลเข้าไปในบ่อบำบัดนำในบ่อบำบัดจะไหลเข้าไปบำบัด (ด้วยหน่วยบำบัดชีวภาพ) และพักในบ่อบำบัดอย่างต่อเนื่อง เมื่อต้องการเปลี่ยนน้ำก็เติมน้ำที่ผ่านการบำบัดเข้าสู่บ่อเลี้ยงโดยการสูบผ่านกระบะทราย ในช่วงการจับกุ้งให้ถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงเข้าไปบำบัดจนมีคุณภาพใกล้เคียงกับแหล่งน้ำธรรมชาติหรือได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากนากุ้งหรือดีกว่า แล้วจึงปล่อยน้ำจากบ่อบำบัดออกไปนอกฟาร์ม (สิริและคณะ, 2542) ในส่วนของการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา โดยพบว่าค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในรอบหนึ่งวัน ค่าของออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าต่ำสุดที่เวลา 06.00 น. ในขณะที่ค่าสูงสุดอยู่ที่เวลา 14.00 น. ส่วนความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักและค่อนข้างจะคงที่ สำหรับค่า BOD การเปลี่ยนแปลงของ BOD จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของกุ้ง (ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, 2533)

1.3 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้ง

ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2542 เนื่องจากในปัจจุบันปรากฏว่า ได้มีการเลี้ยงกุ้งทะเลอย่างแพร่หลาย ทั้งในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเล และในเขตพื้นที่อื่น ในท้องที่จังหวัดต่างๆ เพิ่มมากขึ้น เกรงว่าจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำธรรมชาติ และพื้นที่การเกษตรอื่น จึงเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยยกเลิกประกาศลงวันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ.2534 โดยให้ผู้ประกอบกิจการเลี้ยงกุ้งทะเลนอกเหนือจากบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล และจังหวัดที่ไม่ได้ประกาศห้ามเลี้ยง จะต้องดำเนินการจัดให้มีบ่อบำบัดน้ำทิ้ง หรือบ่อตกตะกอนดังนี้ (ก) ผู้เลี้ยงกุ้งทะเลในพื้นที่ต่ำกว่า 10 ไร่ จะต้องสร้างบ่อพัก คลองส่งน้ำ ระบายน้ำ ไม่น้อยกว่า 50 %ของพื้นที่ ให้สามารถรองรับน้ำจากบ่อเลี้ยงในขณะเปิดจับกุ้งให้เสร็จสิ้นเสียก่อน (ข) ผู้เลี้ยงกุ้งทะเลในพื้นที่เกินกว่า 10 ไร่ขึ้นไป จะต้องสร้างบ่อพักน้ำ คลองส่งน้ำและระบายน้ำไม่น้อยกว่า 30 %ของพื้นที่ ในกรณีที่คำนวนพื้นที่บ่อพักจากพื้นที่เลี้ยง 30 %แล้ว แต่ปรากฏว่าพื้นที่บ่อพักน้ำดังกล่าวน้อยกว่า 5 ไร่ จะต้องสร้างบ่อพักน้ำไม่น้อยกว่า 5 ไร่ ให้สามารถรองรับน้ำจากบ่อเลี้ยงในขณะเปิดจับกุ้งทะเลให้เสร็จสิ้นเสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ประกอบกิจการเลี้ยงกุ้งทะเล จะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขดังนี้ (ก) น้ำที่ปล่อยทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งต้องมีค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (ข) ต้องไม่ปล่อยหรือไล่เลนจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือที่สาธารณะประโยชน์ (ค) ต้องไม่ปล่อยน้ำเค็มหรือกระทำการใดๆ จนเป็นเหตุให้น้ำเค็มจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งซึมหรือไหลลงสู่แหล่งน้ำจืดสาธารณะหรือพื้นที่การเกษตรอื่น

1.4 ขอบข่ายและวัตถุประสงค์ที่ศึกษา

ในการทำโครงงานนี้เพื่อศึกษาวิธีการจัดการและการบำบัดน้ำเสีย จากบ่อเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยทำการศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษา และใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลอง และยังศึกษาถึงประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่อง แล้วเปรียบเทียบกับแบบกะและแบบต่อเนื่อง โดยเก็บข้อมูลจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง เพื่อนำข้อมูลมาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้ง จากนั้นออกแบบและสร้างบ่อทดลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบกะ แบบต่อเนื่อง และแบบกึ่งต่อเนื่อง แล้วดำเนินการทดลองประเมินผลที่ได้จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งต่อเนื่องกับแบบกะและแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
คุณลักษณะพื้นฐานของน้ำเสีย

ในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย จำเป็นต้องทราบลักษณะของน้ำเสียอย่างดี เพื่อให้ได้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูง ลักษณะน้ำเสียอาจจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะคือ ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และ ทางชีววิทยา

2.1 ลักษณะทางกายภาพ (Physical characteristic of Wastewater)

ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ จะประกอบไปด้วยปริมาณของแข็งทั้งหมด กลิ่น อุณหภูมิ สี ความขุ่น ซึ่งแต่ละลักษณะจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เพื่อช่วยให้บ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำเสียทางกายภาพได้ดังนี้

2.1.1 ปริมาณของแข็ง (Solids)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดจะประกอบด้วย ปริมาณของแข็งที่แขวนลอย (Total Suspended Solids) และปริมาณของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) ตารางที่ 2.1 จะแสดงประโยชน์ของการทราบค่าปริมาณของของแข็งต่าง ๆ

ตารางที่ 2.1 ประโยชน์ของข้อมูลค่าปริมาณของแข็งที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย

ค่าปริมาณของแข็ง	ประโยชน์ของข้อมูล
ปริมาณของแข็งทั้งหมด	สามารถรู้ถึงค่าความหนาแน่นของน้ำเสียได้ว่ามีค่าสูงหรือต่ำ และใช้ในการเลือกวิธีกำจัดความกระด้างของน้ำ
ปริมาณของแข็งที่แขวนลอย	บ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำเสียและบอกถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ ได้บ้าง
ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนได้	ใช้ประมาณค่าปริมาณตะกอนที่จะถูกกำจัดโดยถังตกตะกอน และยังบอกถึงประสิทธิภาพของถังตกตะกอนได้
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	สามารถบอกปริมาณของธาตุเกลือในน้ำเสียได้ เช่น คลอไรด์ อย่างประมาณ
ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้	บอกถึงปริมาณอย่างประมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 กลิ่น (Odor)

กลิ่นจากน้ำเสีย ส่วนมากมาจากก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งก๊าซส่วนใหญ่จะเป็น H_2S (ก๊าซไข่เน่า) ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนได้ทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ ส่วนสารอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่ดีเนื่องจากอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนในน้ำเสีย ดังนี้

กลิ่นไข่เน่า	→	H_2S
กลิ่นผักกะหล่ำปลีเน่า	→	Organic sulfides
กลิ่นปลาตาย	→	Organic amines
กลิ่นของพวก worm	→	Phsphorus
กลิ่นอับ	→	Organic acids

สำหรับการกำจัดกลิ่นในน้ำเสีย อาจใช้สารเคมีที่สามารถออกซิไดซ์สารที่ทำให้เกิดกลิ่นได้ เช่น คลอรีน , Hypochlorite, Permaganate หรือกรองชนิดคาร์บอน (Carbon filter)

2.1.3 อุณหภูมิ (Temperature)

น้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม โดย มากจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ และเมื่อปล่อยทิ้งไปตามแม่น้ำลำคลอง จะทำให้สภาพแม่น้ำลำคลองนั้นเปลี่ยนไป ดังนี้

1. น้ำในแม่น้ำลำคลองมีปริมาณ O_2 ลดลงกว่าปกติ เพราะค่าอิ่มตัวของ O_2 ในน้ำจะลดลงเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2. เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกิริยาชีวเคมีของพวกจุลินทรีย์ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งหมายความว่า O_2 ในน้ำได้ถูกใช้เพิ่มขึ้น เช่น ในฤดูร้อน น้ำในแม่น้ำลำคลองจะมีออกซิเจนน้อยกว่าในฤดูหนาว

3. เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ การเจริญเติบโตของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำจะมีมากกว่าปกติ และอาจราขึ้นได้ในแหล่งน้ำนั้น

2.1.4 สี (Color)

ผลเสียของสีในแหล่งน้ำธรรมชาติ

1.กั้นหรือขวางแสงแดดที่ส่องผ่านไปยังใต้น้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ลดการสังเคราะห์แสงของพืชใต้น้ำ

2. สีเป็นสิ่งที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ดังนั้นจึงทำให้น้ำไม่น่ามอง

3. สีส่วนใหญ่แล้วเกิดจากสารอนินทรีย์ชนิด Dissolved และ Colloidal ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้จะใช้ O_2 ในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ความขุ่น (turbidity)

ความขุ่นคือ คือ สารแขวนลอยที่ลอยอยู่ในน้ำจะกั้นหรือขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงไปใต้น้ำได้มากถึง 100 เปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกับสี น้ำที่มีความขุ่นมากจะทำให้ยากต่อการกรองน้ำ ในโรงผลิตน้ำประปา และต้องใช้ปริมาณสารส้มมากกว่าปกติ สำหรับการตกตะกอน

การวัดความขุ่นสามารถใช้วิธี Jackson candle Turbimeter หรือวิธี Naphelometric

การใช้ค่าความขุ่นในงานด้านการบำบัดน้ำเสีย คือใช้หาประสิทธิภาพในการแยกตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสีย แทนที่จะใช้ค่าของแข็งแขวนลอย ซึ่งใช้เวลาในการวัดหลายชั่งโมง ผู้ควบคุมระบบสามารถควบคุมระบบบำบัดได้ทันที และหลายแห่งได้มีการนำข้อมูลค่าความขุ่นกับค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียนั้น ๆ มาสร้างกราฟเพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นกับค่าของแข็งแขวนลอย ทำประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์หาค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย

2.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี (Chemical Characteristic of Wastewater)

ลักษณะน้ำเสียทางเคมีจะประกอบด้วยเชิงทางอินทรีย์สาร และเชิงอนินทรีย์สาร

2.2.1 สารอินทรีย์

ส่วนประกอบสำคัญของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำมัน ทฤษฎีการวัดปริมาณของสารอินทรีย์ในปัจจุบันนิยมใช้วัด ค่าความต้องการออกซิเจนละลายน้ำของแบคทีเรีย (BOD) ค่าความต้องการออกซิเจนละลายน้ำของสารเคมี (COD) ค่าออกซิเจนทั้งหมด (TOD) เป็นต้น ค่าที่กล่าวมาข้างต้นนี้ เป็นค่าที่ผู้เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องทราบ เพราะใช้บ่อยมากในงานบำบัดน้ำเสีย

(1) ค่าความต้องการออกซิเจน (BOD)

ค่าของ BOD เป็นค่าที่นิยมใช้กันมากในการแสดงถึงความสกปรกมากน้อยเพียงใด ของน้ำเสีย ค่าของ BOD เป็นค่าที่มีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบ และควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียโดยทางชีวภาพสามารถใช้บ่งชี้ถึงค่าภาระอินทรีย์ (Oganic Loading) และใช้ในการหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

BOD_5 คือ ค่าปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้ในการย่อยสลายได้ ภายใต้ภาระที่มีออกซิเจน (Aerobic) โดยจุลินทรีย์ในช่วงเวลา 5 วัน ณ อุณหภูมิ 20° เซลเซียส

ค่า BOD ของน้ำเสีย จะขึ้นอยู่กับเวลาเป็นสิ่งสำคัญ ค่า BOD ในเวลา 5 วัน (BOD_5) ได้นิยมใช้กันมากแต่จริง ๆ แล้วสารอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำเสียที่สามารถย่อยสลายได้มักใช้เวลาประมาณ 20 วันในการถูกย่อยเกือบหมดสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สารอนินทรีย์

สารอนินทรีย์ เป็นสารที่มีอยู่ในน้ำทั่ว ๆ ไปซึ่งจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับน้ำเสียนั้น ๆ สารอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ ได้แก่ pH, คลอไรด์

(1) ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) คือความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) เป็นค่าที่สำคัญค่าหนึ่งในน้ำเสียทั่ว ๆ ไปค่านี้จะเป็นค่าหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำว่าเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั่วไปในน้ำหรือไม่ ค่า pH จะแสดงถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำเสียนั้น ๆ จึงเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพและทางเคมี อย่างเช่น ถ้า pH ของน้ำเท่ากับ 7.0 จะมีความเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ และสำหรับการวัดค่า pH ส่วนมากนิยมใช้เครื่อง pH meter ซึ่งสะดวก รวดเร็ว และให้ค่าที่เชื่อถือได้

(2) ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ในน้ำทั่วไป เป็นผลมาจาก OH^-, CO_3^- และ HCO_3^- ของธาตุแคลเซียม โปตัสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม หรือแอมโมเนียโดยทั่วไปค่า$Ca(HCO_3)_2$ และ $Mg(HCO_3)_2$ จะมีอยู่ในน้ำทั่วไปมากว่าสารอื่น ๆ ซึ่งทำให้มีค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ขึ้นในน้ำเสีย ค่าของความเป็นด่าง (Alkalinity) จะมีความสัมพันธ์กับค่าของ pH คือถ้า pH มีค่าน้อยกว่า 4.5 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำเสียจะมีค่าเท่ากับ 0 โดยจะมีแต่ค่าความเป็นกรด (Acidity) เท่านั้น หรือถ้า pH มากกว่า 8.3 ค่า (Acidity) จะเป็น 0 จะมีแต่ค่า (Alkalinity) เท่านั้น การรู้ค่า (Alkalinity) จะมีประโยชน์ต่อการบำบัดน้ำเสีย อย่างเช่น ในการเลือกตำแหน่งสำหรับใส่สารเคมีลงไปในระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด ป้องกันการเกิดปัญหาสาหร่ายเบ่งบาน (Algae Blooms) ซึ่งจะเกิดขึ้นมากเมื่อน้ำในแหล่งน้ำนั้นมี pH ประมาณ 10 - 11 สำหรับการวิเคราะห์หาค่า (Alkalinity) ของตัวอย่างน้ำทำได้โดย ไตรเตรทกับกรดที่ทราบค่าความเข้มข้นแน่นอน

ตารางที่ 2.2 ความสามารถของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ณ สภาวะต่าง ๆ

สภาวะ	ความสามารถของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
อุณหภูมิสูง	ลดน้อยลง
ความดันสูง (หรือที่ระดับต่ำ)	เพิ่มขึ้น
ความเข้มข้นของเกลือสูง	ลดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ลักษณะน้ำเสียทางชีววิทยา (Biological Characteristic of Wastewater)

ลักษณะน้ำเสียทางชีววิทยา จะประกอบไปด้วย แบคทีเรีย , สาหร่าย , ฟังไจ , worm ,โปรโตซัว เป็นต้น ซึ่งน้ำเป็นสื่อที่ดีมากต่อการแพร่กระจายโรค ซึ่งเกิดจากแบคทีเรีย

2.4 การเก็บตัวอย่างน้ำ

โดยทั่วไป ตัวอย่างน้ำที่ถูกเก็บมานั้นควรทำการวิเคราะห์ทันที แต่เนื่องจากบางครั้งเวลาไม่อำนวยดังนั้นการเก็บตัวอย่างน้ำจึงจำเป็นต้องทำดังตารางที่ 2.3 จะแสดงถึงวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ ช่วงเวลาที่ยอมให้ และปริมาณของน้ำที่ควรเก็บไว้ด้วย

ตารางที่ 2.3 วิธีการเก็บตัวอย่างของน้ำ และช่วงเวลากักเก็บ และปริมาณของน้ำตัวอย่างที่ควรเก็บ

ลักษณะน้ำที่ทำการวิเคราะห์	วิธีการเก็บกัก	ช่วงเวลากักที่ยอมให้นานสุด	ปริมาณของตัวอย่างน้ำที่ควรกักไว้
BOD	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°ซ	2 วัน	1000 ลบ.ซม
DO	ต้องวัดที่จุดเก็บ	-	300 ลบ.ซม
pH	ต้องวัดที่จุดเก็บ	-	25 ลบ.ซม
Solids	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°ซ	7 วัน	100 ลบ.ซม
Turbidity	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°ซ	2 วัน	100 ลบ.ซม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
บ่อบำบัดน้ำเสีย

การจำแนกประเภทของบ่อบำบัดน้ำเสียอาจกระทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมที่สุดคือจำแนกตามระดับออกซิเจนที่มีในบ่อ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

3.1 บ่อแอโรบิค (Aerobic Ponds)

บ่อชนิดนี้มีออกซิเจนตลอดทั้งบ่อหรืออาจกล่าวได้ว่ามีสาหร่ายสีเขียวอยู่ตลอดทั้งบ่อ บ่อนี้มักรู้จักในชื่อว่า High Rate Oxidation Pond เนื่องจากถูกควบคุมให้มีออกซิเจนทั้งบ่อ ความลึกของบ่อแบบนี้จึงถูกจำกัดเป็นอย่างมาก โดยปกติไม่ลึกเกินกว่า 30 ซม.

วัตถุประสงค์ของบ่อแอโรบิคมักอยู่ที่การเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวเป็นผลผลิต เช่น เลี้ยงสาหร่ายเซลล์เดียวประเภท Chlorella หรือสาหร่ายเกลียวทอง เพื่อเป็นอาหารสุขภาพที่จำหน่ายได้ในราคาสูงๆ ผู้ออกแบบไม่ใช้บ่อชนิดนี้ในการบำบัดน้ำเสีย

3.2 บ่อออกซิเดชัน (Oxidation Ponds) หรือบ่อปลา

บ่อออกซิเดชันคล้ายกับบ่อแอโรบิค แต่มีความลึกมากกว่า บ่อประเภทนี้จึงมีออกซิเจนอยู่ในตอนบนซึ่งเป็นชั้นน้ำที่มีสาหร่ายสีเขียวและแบคทีเรียแอโรบิคอาศัยอยู่ ชั้นน้ำตอนล่างของบ่อมีออกซิเจนละลายลดน้อยตามความลึก ดังนั้นจะมีแบคทีเรียประเภท Facultative อาศัยอยู่ก้นบ่อมักอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน ลักษณะเช่นนี้ทำให้เรียกชื่อบ่อแบบนี้ว่า Facultative Oxidation Pond ตะกอนสลัดจ์จะสะสมอยู่ที่ก้นบ่อและมีการย่อยแบบไร้ออกซิเจนเกิดขึ้น

บ่อออกซิเดชันมีลักษณะคล้ายบ่อเลี้ยงปลาหรือกุ้งเนื่องจากน้ำภายในบ่อจะมีสีเขียว บ่อปลาในช่วงแรก ๆจะคล้ายกับบ่อออกซิเดชันที่ได้รับภาระอินทรีย์ต่ำ เมื่อเลี้ยงปลานานวัน น้ำจะยิ่งเขียวจัดขึ้น น้ำมีสีเขียวเข้มและมักมีฟองเหนียว ๆ อยู่ทั่วไป ลักษณะเช่นนี้เหมือนกับบ่อออกซิเดชันที่ได้รับโหลดสูง ๆ บางครั้งผู้ออกแบบอาจเรียกบ่อประเภทนี้ว่าบ่อ Polishing หรือบ่อ Maturation บ่อ Polishing หรือบ่อ Maturation นี้ควรใช้กับบ่อออกซิเดชันที่ถูกวางให้อยู่ตำแหน่งท้ายสุดของระบบบำบัดน้ำเสียเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ระบบบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยบ่อหมักไร้ออกซิเจนตามด้วยบ่อเติมอากาศและมีบ่อออกซิเดชันอยู่บ่อสุดท้าย ในกรณีเช่นนี้ อาจเรียกบ่อสุดท้ายว่าเป็นบ่อ Polishing หรือบ่อ Maturation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 บ่อออกซิเดชัน

3.3 บ่อหมักไร้ออกซิเจน (Anaerobic Ponds)

บ่อประเภทนี้มีการทำงานคล้ายคลึงกับถังหมักไร้ออกซิเจนที่ไม่มีฝาปิด สภาวะไร้ออกซิเจนตลอดทั้งบ่อเป็นเงื่อนไขสำคัญของบ่อหมัก อาจมีออกซิเจนปรากฏอยู่ในบริเวณใกล้ผิวน้ำเนื่องจากไม่มีฝาปิด การรักษาสภาวะไร้ออกซิเจนกระทำได้โดยการให้บ่อหมักได้รับความสกปรกในอัตราสูงมากจนกระทั่งสาหร่ายสีเขียว และบรรยากาศไม่สามารถสร้างหรือถ่ายเทออกซิเจนให้กับน้ำได้ทันกับอัตราการใช้ออกซิเจน บ่อประเภทนี้มักมีความลึกประมาณ 2-4 เมตรซึ่งนับว่าสูงมากกว่าแบบอื่น ๆ

3.4 บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

บ่อเติมอากาศโดยปกติเป็นบ่อดินขนาดใหญ่คล้ายกับบ่อออกซิเดชันหรือบ่อปลา ซึ่งผสมและเติมอากาศโดยเครื่องเติมอากาศแบบติดตั้งบนผิวน้ำ ที่เวลากักเก็บน้ำยาวนานการกำจัดสารอินทรีย์ละลายจะดีมาก จะมีความลึกอยู่ระหว่าง 1.5-4.0 เมตร และมีพื้นที่ผิวหน้ามาก โดยทั่วไปเป็นบ่อดินขอบบ่อคลุมด้วยหญ้า รูปร่างของผิวหน้าเปลี่ยนไปตามรูปร่างของพื้นที่ เพื่อให้ใช้เนื้อที่ให้ได้มากที่สุด แต่โดยทั่วไปควรเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือกลม การเติมอากาศใช้เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้าแบบกลไกอาจเป็นชนิดที่อยู่กับที่ หรือลอยก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 บ่อเติมอากาศ

3.5 ข้อดีและข้อเสียของระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่นๆ ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียมีข้อดีที่ควรได้รับการพิจารณาก่อนระบบอื่นดังนี้

1. ควบคุมได้ง่ายและไม่ต้องการผู้มีความรู้พิเศษ
2. ประสิทธิภาพสูงไม่ด้อยกว่าระบบอื่นๆ
3. ต้องการใช้สารเคมีน้อยกว่าระบบอื่นๆ
4. เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศ ซึ่งร้อนและมีแสงแดดตลอดทั้งปี

ข้อเสียของระบบบ่อบำบัดน้ำเสียมีดังนี้

1. ต้องใช้พื้นที่มาก ทำให้ไม่เหมาะที่จะสร้างในสถานที่ ที่มีราคาที่ดินสูง
2. น้ำที่ออกจากบ่อบำบัดน้ำเสียอาจมีสาหร่ายสีเขียวก่อปัญหาให้กับลำน้ำ ซึ่งรับน้ำจากระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย
3. ในกรณีที่มีบ่อหมัก อาจมีกลิ่นเหม็นได้

3.6 กระบวนการในการบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการซึ่งมีส่วนร่วมในการบำบัดน้ำเสียของบ่อบำบัดน้ำเสียมีดังนี้

1. การตกตะกอน
2. แอโรบิคออกซิเดชัน (Aerobic Oxidation)
3. การเติมอากาศ
4. การสังเคราะห์แสง
5. การหมักไร้ออกซิเจน

3.6.1 การตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1 การตกตะกอน

โดยปกติแล้ว การตกตะกอนของน้ำเสียจากที่อยู่อาศัยสามารถกำจัดตะกอนแขวนลอยได้ 90 % ภายใน 3 วัน (ที่อุณหภูมิประมาณ 15 ° ซ.) กำจัดตะกอนละลาย (Dissolved Solids) ได้ 80 % ภายใน 10 วัน แต่ถ้าปล่อยน้ำเสียเข้าไปในบ่อน้ำที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายเติบโตอยู่อย่างหนาแน่น จะสามารถกำจัดตะกอนทั้งสองชนิดได้ถึง 85 % ด้วยเวลาเพียงประมาณ 4 ชม. เนื่องจากแบคทีเรียและสาหร่ายปล่อยสารเคมีออกมา ทำให้เกิดกระบวนการรวมตะกอนที่เรียกว่า Bioflocculation สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการสร้าง Bioflocculation ได้แก่ อุณหภูมิที่เหมาะสม, อาหารและเวลาเพียง, ความหนาแน่นของกลุ่มจุลินทรีย์

3.6.2 แอโรบิคออกซิเดชัน

ถ้าต้องการทำลายความสกปรกของน้ำเสียอย่างเด็ดขาดจะต้องปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เกิดขึ้น ออกซิเจน (ซึ่งอาจได้มาจากอากาศหรือผลิตขึ้นโดยสาหร่ายสีเขียว) เป็นสิ่งจำเป็นในปฏิกิริยาแบบนี้

$$C_{11}H_{29}O_7N + 14\,O_2 + H^+ = 11\,CO_2 + 13\,H_2O + NH_4^+ \qquad (3.1)$$

สมการ (3.1) นี้แสดงว่าในการทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย 1 กก. จะต้องใช้ออกซิเจน 1.56 กก.

ปฏิกิริยาที่ต้องการออกซิเจนอีกแบบหนึ่ง คือ ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ซึ่งใช้เปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรท อาจเกิดขึ้นได้ลำบากในบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีสาหร่ายสีเขียวหนาแน่น เนื่องจากเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะดังกล่าว น้ำจะมีพีเอชสูงทำให้แอมโมเนียมีโอกาสแยกตัวจากน้ำได้ 2 ทาง คือ กลายเป็นก๊าซอิสระหนีออกจากน้ำ

$$NH_4^+ = NH_3 + H^+ \qquad (3.2)$$

หรือตกผลึกกลายเป็น Ammonium Calcium Phosphate ดังนั้น แอมโมเนียจึงถูกบำบัดออกไปเสียก่อนที่ปฏิกริยาไนตริฟิเคชันจะเกิดขึ้น สำหรับในบ่อบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากไม่มีการกวนน้ำ ปฏิกิริยาแอโรบิคออกซิชัน จึงเกิดขึ้นกับน้ำเสียส่วนที่อยู่ตอนบนของบ่อเท่านั้นสารอินทรีย์บางส่วนสามารถตกตะกอนลงก้นบ่อได้รวดเร็ว ทำให้ไม่ถูกย่อยสลายด้วยออกซิเจน การกำจัดความสกปรกที่ก้นบ่อน้ำเสียจะเป็นแบบไร้ออกซิเจนเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การเติมอากาศ

การเติมอากาศแบ่งเป็น 2 แบบคือ

1. การเติมอากาศตามธรรมชาติ

2. การเติมอากาศแบบกลไก

1. การเติมอากาศตามธรรมชาติ เนื่องจากในบรรยากาศเหนือน้ำมีออกซิเจนสูงถึง 20 % จึงมีแรงธรรมชาติที่ผลักดันให้ออกซิเจนถ่ายเทจากอากาศลงสู่น้ำได้ โดยปกติสำหรับอุณหภูมิของประเทศไทย ออกซิเจนละลายน้ำได้สูงสุด ประมาณ 8 มก. /ล. อัตราเร็วของการถ่ายเทออกซิเจนให้กับน้ำขึ้นอยู่กับระดับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ

ปริมาณออกซิเจนที่ได้รับจากอากาศคำนวณได้ ดังนี้

$$R = 0.2\, d\, (DO_s - DO) \qquad (3.3)$$

โดยที่ R = ปริมาณออกซิเจนที่ได้รับอากาศ (กรัม/ตร.ม – วัน)

d = ความลึกของบ่อ (เมตร)

DO_s, DO = ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่จุดอิ่มตัวและในบ่อตามลำดับ (มก./ล.)

ถ้าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อต่ำกว่าค่าที่จุดอิ่มตัว เท่ากับ 8 มก./ล. และบ่อมีความลึก 1 เมตร ปริมาณออกซิเจนที่ได้จากอากาศจะมีค่าประมาณ 1.6 กรัม/ตร.ม –วัน การกระเพื่อมของน้ำที่เกิดจากแรงลมสามารถทำให้อัตราการถ่ายเทออกซิเจนสูงกว่าค่าที่คำนวณได้

2. การเติมอากาศแบบกลไก ทำได้โดยนำเอาอากาศเข้าไปในน้ำเสีย โดยใช้หัวฟู่ (diffuser) พ่นอากาศลงใต้น้ำ และอีกวิธีการหนึ่งคือการทำให้น้ำกระเพื่อมหรือปั่นป่วน ด้วยเครื่องกลเพื่อทำให้น้ำเสียสัมผัสอากาศ เครื่องเติมอากาศมีหลายแบบให้เลือกมากมาย แต่ที่นิยมใช้กันในประเทศไทย แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

1. เครื่องเติมอากาศแบบใบพัดตีน้ำ มีทั้งแบบมอเตอร์และแบบเครื่องยนต์ แบบมอเตอร์ที่มีขายทั่วไปมีกำลัง 2 แรงม้า มี 4 ใบ อาจมีการดัดแปลงทั้งในด้านจำนวนใบพัดและจำนวนแขน มอเตอร์ 3 แรงม้าอาจติดตั้งได้ 3 แขน แต่ละแขนมี 16 ใบพัด เป็นต้น ส่วนแบบเครื่องยนต์ ส่วนมากจะใช้เครื่องขนาด 11 แรงม้า สำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ สามารถติดตั้งได้ถึง 8 แขน แต่ละแขนมีใบพัด 16-20 ใบ บ่อขนาด 3-4 ไร่ อาจใช้เครื่อง 4 สูบเพียงเครื่องเดียวก็พอ

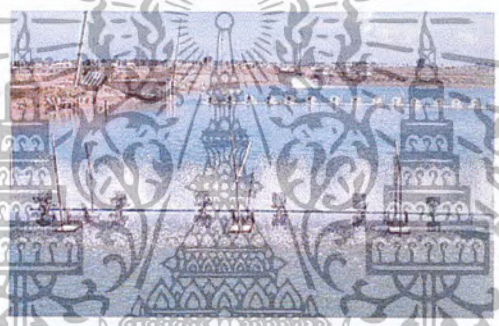
2. เครื่องให้อากาศแบบแอร์เจ็ต เครื่องให้อากาศแบบนี้เหมาะกับบ่อที่มีระดับน้ำลึก และพื้นบ่อแข็ง มีเฉพาะที่ใช้มอเตอร์ สามารถปรับมุมของกระแสน้ำในการทำความสะอาดบ่อได้ บ่อทั่วไปขนาด 5-6 ไร่ บางฟาร์มจะใช้เครื่องให้อากาศแบบแอร์เจ็ตร่วมกับการใช้เครื่องตีน้ำแบบใบพัด โดยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะติดตั้งแอร์เจ็ตที่มุมบ่อ เพื่อต้องการรวมตะกอนไว้กลางบ่อ บ่อที่ความลึก 1.5 เมตร ควรใช้เครื่องเติมอากาศแบบนี้

3. เครื่องเติมอากาศแบบเคล้าน้ำ เครื่องให้อากาศแบบเคล้าน้ำนี้จะมีใบพัดใต้น้ำ ใช้มอเตอร์พลังงานน้อยกว่า พื้นบ่อสะอาดเป็นบริเวณบ้านดีกว่า และในตอนกลางวันยังทำให้ระดับน้ำบนและล่างเข้ากัน เพื่อให้มีอุณหภูมิและออกซิเจนไม่ต่างกันมาก และยังช่วยรวมเลนด้วย เครื่องประเภทนี้เหมาะกับบ่อที่มีพื้นแข็ง ลึกไม่เกิน 1.4 เมตร

4. เครื่องเติมอากาศแบบซุปเปอร์ชาร์จ เครื่องเติมอากาศแบบนี้ เป็นแบบเดียวกันกับซุปเปอร์ชาร์จของเครื่องยนต์ โดยนำเครื่องซุปเปอร์ชาร์จเป็นเครื่องดูดลมจ่ายไปยังบ่อกุ้งทางท่อจ่าย และจานจ่าย เพื่อเพิ่มอากาศในบ่อเลี้ยงกุ้ง



รูปที่ 3.3 เครื่องเติมอากาศแบบใบพัดตีน้ำ

รูปที่ 3.4 เครื่องให้อากาศแบบแอร์เจ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 เครื่องเติมอากาศแบบเคล้าน้ำ

3.6.4 การสังเคราะห์แสง

กลไกที่สำคัญที่สุดในการผลิตออกซิเจนได้แก่ กระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสีเขียว

$$CO_2 + NH_4^+ + 17.7\ H_2O + 886\ kcal = C_7H_{8.1}O_{2.5}N_{1.0} + 7.6\ O_2 + 15.2\ H_2O + H^+ \quad (3.4)$$

ในการผลิตออกซิเจน 1 กรัม สาหร่ายสีเขียวต้องใช้พลังงาน 3.64 กิโลแคลอรี่และพร้อม ๆ กันจะได้สาหร่ายเกิดขึ้นใหม่ 0.61 กรัมด้วย หรืออาจกล่าวได้ว่ากระบวนการสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจน 1.67 มก. ต่อทุก 1 มก. ของเซลล์สาหร่ายที่เกิดขึ้นใหม่ สาหร่ายเซลล์เดียวที่มีความสำคัญในบ่อเขียว ได้แก่ Chlorella และ Scenedesmus ตัวที่อาจพบได้บ่อยเช่นกันคือ Euglena และ Chlamydomonas สาหร่าย 2 ตัวแรกสามารถทนอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนได้เป็นเวลานาน ส่วนอีก 2 ตัว นั้นตายได้ง่ายเมื่อสภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง ถ้าสมมติว่าสาหร่ายสีเขียวสามารถให้ออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรีย Oswald ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าภาระอินทรีย์ (L_o) ของบ่อบำบัดน้ำเสียมีค่าเท่ากับพลังงานแสงแดด (S) ที่มีหน่วย cal/cm^2-day ในเมื่อการสังเคราะห์แสงสามารถดึงพลังงานจากแสงแดดมาใช้ได้ 4% หรือ

$$L_o = S \quad (3.5)$$

โดยที่ L_o = ภาระอินทรีย์ lb/acre-day

S = พลังงานแสงแดด มีหน่วย cal/cm^2-day

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 การหมักไร้ออกซิเจน

กระบวนหมักไร้ออกซิเจนเป็นการทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์คาร์บอนให้เป็นกาซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ กระบวนนี้เกิดขึ้นภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนอย่างสมบูรณ์และเชื่อกันว่าเป็นกระบวนการที่มีบทบาท ในการทำลายสลัดจ์ในน้ำเสียที่ตกตะกอนเป็นสลัดจ์ที่ก้นบ่อหมักและบ่อออกซิเดชัน กระบวนการหมักไร้ออกซิเจนมี 2 ขั้นตอนคือ การสร้างกรดอินทรีย์และการสร้างกาซมีเธน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายหลายครั้งจนกลายเป็นกรดอินทรีย์โมเลกุลเล็กต่าง ๆ ปะปนกัน เช่น Acetic Acid , Butyric Acid เป็นต้น กระบวนการหมักไร้ออกซิเจนที่สมบูรณ์จะต้องได้กรดอเซติคมากที่สุด (โดยมีกรดอินทรีย์ชนิดอื่นน้อยที่สุด) กรดอเซติคจะถูกย่อยสลายต่อไปจนกลายเป็นกาซมีเธน ในระหว่างการสร้างกรดอินทรีย์ ถ้าน้ำมีบัฟเฟอร์ไม่เพียงพอ พีเอชของน้ำอาจลดลงจนต่ำกว่า 6 ทำให้กระบวนการหมักไร้ออกซิเจนล้มเหลว นอกจากนี้ การลดลงของพีเอชยังทำให้ H_2S หนีสู่อากาศได้ เป็นผลให้มีกลิ่นเหม็นการป้องกันเรื่องกลิ่นเหม็นของซัลไฟด์สามารถกระทำได้โดยการรักษาระดับพีเอชของน้ำ ให้เป็นกลางหรือเป็นด่าง การหมุนเวียนน้ำ (ไม่เกิน 50 %) จากบ่อออกซิเดชันที่มีสีเขียวมายังผิวน้ำในบ่อหมัก ทำให้ตอนบนของบ่อหมักอยู่ในสภาวะแอโรบิค อาจช่วยป้องกันมิให้มีการระเหยของ H_2S ได้ นอกจากนั้น ออกซิเจนละลายน้ำยังช่วยออกซิไดส์ H_2S ให้เป็น SO_4 ได้ด้วย

3.7 การเลือกใช้บ่อบำบัดน้ำเสีย

ดังได้กล่าวแล้วในข้างต้นว่า บ่อบำบัดน้ำเสียเหมาะสำหรับใช้กับแหล่งน้ำเสียในท้องถิ่นที่ซึ่งที่ดินยังมีราคาถูกหรือต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย บ่อหมักไร้ออกซิเจนเหมาะสมสำหรับใช้กับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร หรือเกษตรทุกชนิดน้ำเสียควรมีบีโอดีสูงกว่า 1,000 มก./ล. โดยธรรมชาติแล้วกระบวนการไร้ออกซิเจนไม่สามารถกำจัดบีโอดีได้หมดจดเหมือนระบบเอเอสหรือระบบฟิล์มชีวภาพ ในทางปฏิบัติจึงใช้ระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนเป็นการบำบัดขั้นแรกในการกำจัดบีโอดีส่วนใหญ่ เช่น กำจัดให้ได้ 50 – 80 % เป็นต้น และใช้ระบบบำบัดแบบแอโรบิค ลดบีโอดีให้เหลือต่ำกว่า 20 มก./ล.และผลิตน้ำทิ้งสุดท้ายที่มีตะกอนแขวนลอยต่ำมาก ลักษณะการออกแบบดังกล่าวข้างต้นทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการเติมออกซิเจนยังประหยัดค่าสารเคมีได้อย่างมาก และยังช่วยลดปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นจากการกำจัดบีโอดีอีกด้วย

น้ำเสียที่สามารถบำบัดด้วยบ่อหมักไร้ออกซิเจนได้ดีที่สุดมีอยู่ 2-3 ชนิด เช่น น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ น้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำผลไม้กระป๋องต่าง ๆ เป็นต้น น้ำเสียจากชุมชนของไทยมักมีความเข้มข้นบีโอดีต่ำมาก จนไม่ควรนำไปบำบัดในบ่อหมักไร้ออกซิเจน เนื่องจากไม่อาจจะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียไร้ออกซิเจน ให้มีปริมาณมากพอเพียงอยู่ภายในบ่อ หากต้องการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยกระบวนการไร้ออกซิเจนจะต้องเลือกระบบที่สามารถเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียได้เข้มข้นมากๆ ดังเช่น ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

UASB จึงจะพอมีทางใช้ได้ ในกรณีที่น้ำเสียมีความเข้มข้นบีโอดีสูงมาก ๆ บ่อหมักอาจมีหลายบ่อต่อกันอย่างอนุกรมและตามด้วยระบบบำบัดแบบแอโรบิคเสมอ

บ่อออกซิเดชันมักใช้กับน้ำเสียที่มีบีโอดีต่ำ (ตรงกันข้ามกับบ่อหมัก) เช่น น้ำเสียชุมชน เป็นต้น ผู้ออกแบบอาจใช้บ่อออกซิเดชันมักมีหลายบ่อต่อกันอย่างอนุกรม ระบบที่ออกแบบได้ดีจะผลิตน้ำทิ้งสุดท้ายที่มีบีโอดีและตะกอนแขวนลอยต่ำและมีสีเขียวอ่อน ในกรณีของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะพบการใช้บ่อออกซิเดชันร่วมกับระบบบำบัดอย่างอื่น เช่น บ่อหมัก , บ่อเติมอากาศ เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ บ่อออกซิเดชันมักทำหน้าที่เป็นบ่อ Polishing ซึ่งเป็นหน่วยบำบัดที่อยู่หลังสุดของระบบ

3.8 การออกแบบบ่อออกซิเดชัน

บ่อออกซิเดชันที่ต่ออย่างอนุกรมหลาย ๆ บ่อ สามารถกำจัดบีโอดีและโคลีฟอร์มแบคทีเรียได้ดีกว่าบ่อเดียว ในกรณีที่ระบบบำบัดน้ำเสียประกอบด้วยบ่อหมักและบ่อออกซิเดชัน บ่อหมักควรมีพื้นที่ประมาณ 1/7 ของบ่อออกซิเดชัน

3.8.1 ภาระอินทรีย์

ได้มีการใช้วิธีต่าง ๆ ในการกำหนดค่าภาระอินทรีย์ไว้สำหรับใช้ในการออกแบบบ่อออกซิเดชัน ผู้ออกแบบหลายคนได้เสนอสูตรสำหรับคำนวณค่าภาระอินทรีย์โดยคิดมาจาก Frist Order Kinetic ของการกำจัดบีโอดีหรือความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมเคมีอื่น ๆ

อย่างไรก็ตามสูตรต่าง ๆ ที่ได้มาจากแนวคิดพื้นฐานทางจลน์ศาสตร์ยังไม่เหมาะสำหรับมาใช้ออกแบบระบบบ่อออกซิเดชัน ซึ่งพบว่าค่าภาระอินทรีย์สำหรับใช้ในการออกแบบอาจหาได้จากประสบการณ์จากภาคปฏิบัติจริง ๆ ของบ่อ ออกซิเดชันที่ใช้อยู่ในพื้นที่เขตร้อน สูตรที่แนะนำให้ใช้มี 2 สูตร คือ สูตรของ McGarry & Pescod และสูตรของ Mara (1991) ตามลำดับ ดังนี้

$$L_o = 60.3\,(1.099)^{T} \qquad (3.5)$$

และ $$L_o = 2T - 6 \qquad (3.6)$$

ในเมื่อ L_o = ภาระอินทรีย์ที่ใช้ในการออกแบบ , กรัมบีโอดี / ตร.ม.-วัน

T = อุณหภูมิของน้ำ , °ซ

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าภาระอินทรีย์สำหรับออกแบบที่คำนวณได้จากสูตรทั้งสองที่อุณหภูมิ 15 , 20 ,25 และ 30 °ซ ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่พบในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50266

ตารางที่ 3.1 ค่าภาระอินทรีย์สำหรับออกแบบ (กรัม,บีโอดี/ตร.ม.-วัน)

อุณหภูมิของน้ำ	ออร์แกนิคโหลดดิง	
	McGarry & Pescod	Mara
15	25	18
20	40	28
25	64	44
30	102	54

สูตรแรกของ McGarry & Pescod ดูจะให้ค่าออกแบบที่สูงเกินไป เกรงว่าจะไม่มีค่าแฟคเตอร์ของความปลอดภัยเลย จึงแนะนำให้ใช้สูตรของ Mara นั่นคือบ่อออกซิเดชันควรออกแบบให้มีค่าภาระอินทรีย์ ได้ในช่วง 20-50 กรัม/ตร.ม.-วัน ค่าดังกล่าวใช้สำหรับบ่อออกซิเดชันบ่อแรก (Primary Pond) สำหรับบ่อออกซิเดชันลำดับที่สองให้ใช้ค่าโหลดดิงประมาณ 70 % ของบ่อแรก

3.8.2 ความลึกและเวลาเก็บน้ำ

เนื่องจากบ่อออกซิเดชัน ต้องการแสงแดดเพื่อให้สาหร่ายสีเขียว ใช้ในการสังเคราะแสง พื้นน้ำจึงมีความสำคัญที่สุด บ่อไม่จำเป็นต้องลึกมาก โดยทั่วไปจึงนิยมให้บ่อออกซิเดชันมีความลึกประมาณ 1-2 เมตร ซึ่งเป็นความลึกที่พอเพียง ที่จะให้มีชั้นน้ำ สำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวและสำหรับตกตะกอนสลัดจ์ บ่อยิ่งลึกมาก ก็เสียเงินมาก อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน ผู้เขียนมักไม่ได้ทำให้ต้องสิ้นเปลืองมาก ดินที่ขุดทิ้งมักนำไปใช้ประโยชน์ได้เสมอและคุ้มค่าใช้จ่ายในการขุด บ่อที่ลึกทำให้ได้เวลากักน้ำเพิ่มขึ้นเป็นผลดีต่อการบำบัดน้ำเสีย สำหรับประเทศไทยบ่อออกซิเดชันควรมีเวลากักน้ำไม่ต่ำกว่า 20 วัน ไม่ว่าจะใช้ในการบำบัดน้ำเสียชนิดใดก็ตาม

3.9 การออกแบบบ่อเติมอากาศ

3.9.1 การหาสัมประสิทธิ์การทำลายบีโอดี

$$K_T = K_{20} \times 1.079^{(T-20)} \qquad (3.7)$$

เมื่อ K_T = สัมประสิทธิ์การทำลายบีโอดีต่อวัน

K_{20} = สัมประสิทธิ์การทำลายบีโอดีที่ 20° เซลเซียส มีค่า 1.2

T = อุณหภูมิ ° เซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.2 การหาระยะเวลาการกำจัด

$$S/S_0 = 1/(1+K_T t) \quad (3.8)$$

เมื่อ S = ค่าบีโอดีที่ออกจากระบบ, มก./ล.

S_0 = ค่าบีโอดีของน้ำทิ้ง, มก./ล.

K_T = สัมประสิทธิ์การทำลายบีโอดีต่อวัน

t = ระยะเวลากำจัด, วัน

3.9.3 การหาปริมาตรบ่อ

$$V = Qt \quad (3.9)$$

เมื่อ V = ปริมาตรบ่อ, ลบ.ม.

Q = ปริมาณน้ำทิ้ง, ลบ.ม./ วัน

t = ระยะเวลากำจัด, วัน

3.9.4 การหาขนาดของบ่อ

$$L_t = \{[4rA + Br(SD)^2 + 2(SD)^2]^{1/2} + SD(1+r)\} / 2r \quad (3.10)$$

เมื่อ r = อัตราส่วนความกว้างต่อความยาว

S = อัตราส่วนระหว่างแนวระดับกับแนวดิ่ง

A = พื้นที่, ตร.ม.

D = ความลึก, เมตร

L_t = ความยาวของบ่อที่ระดับผิวน้ำ,เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.5 การคำนวณหาขนาดของเครื่องเติมอากาศแบบ Floating Aerator

โดย 1 Kg BOD ต้องการ 1.5 Kg O_2 ดังนั้น

ขนาดของเครื่องเติมอากาศ = 1.5 x BOD Loading ที่เข้าสู่ระบบ (3.11)

โดยที่ BOD Loading = $Q \times S_0$ (3.12)

S_0 = ค่าบีโอดีของน้ำทิ้ง, มก./ล.

Q = ปริมาณน้ำทิ้ง, ลบ.ม./ วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

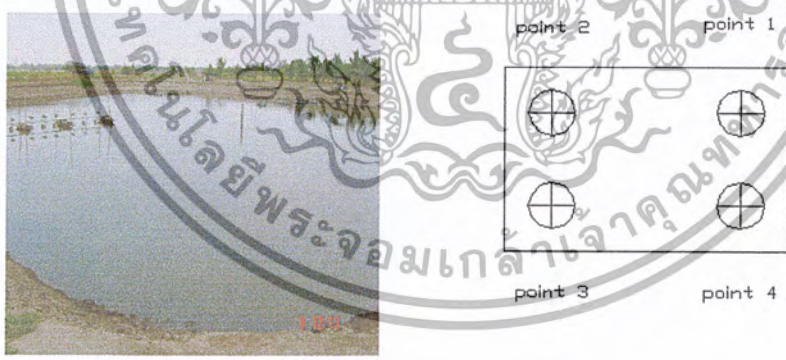
บทที่ 4
การดำเนินการทดลองและอุปกรณ์

การดำเนินการทดลองแบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. การดำเนินการทดลองโดยการเก็บข้อมูลจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง
2. การสร้างชุดทดลองระบบบำบัดน้ำเสีย
3. การดำเนินการทดลองโดยเก็บข้อมูลจากชุดทดลองระบบบำบัดน้ำเสีย

4.1 การดำเนินการทดลองโดยเก็บข้อมูลจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง

ผู้จัดทำได้เดินทางไปเก็บตัวอย่างข้อมูลจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริงที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งขนาด 60x60 เมตร พื้นที่ประมาณ 2 ไร่ ความลึกประมาณ 1.5 เมตร โดยเจ้าของบ่อกุ้งได้ลงกุ้งในวันที่ 11 เดือนพฤศจิกายน และได้ขึ้นกุ้งในวันที่ 22 กุมภาพันธ์ รวมทั้งสิ้นเป็นเวลา 3 เดือน กับ 10 วัน การเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อกุ้งจะทำการวัดค่า บีโอดี,พีเอช และสารแขวนลอย ผู้จัดทำได้แบ่งช่วงการเก็บน้ำจากวันที่ลงกุ้ง 1 เดือน, 2 เดือน, 2.5 เดือนและ 3 เดือน เนื่องจากปัจจัยทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ ทำให้ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากบ่อเลี้ยงกุ้งนี้ จะเก็บเป็นจุด โดยเก็บทั้งหมด 4 จุด ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 บ่อเลี้ยงกุ้งจริง และตำแหน่งการเก็บน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 การวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด(Total Suspended Solid)

หลักการ

กรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง GF/C ที่ทราบน้ำหนักตะกอนที่ติดอยู่บนกระดาษกรองนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C และทำให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่ม คือ น้ำหนักของของแข็งแขวนลอยต่อปริมาตรน้ำตัวอย่าง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.กระดาษกรอง GF/C ขนาด 47 mm

2.ปากคีบFlask

3.โถทำแห้ง

4.ตู้อบ ที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

5.เครื่องชั่งละเอียด

6.เครื่องดูดสุญญากาศ พร้อมขวด

7.กรวยบุคเนอร์

รูปที่ 4.2 การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อกุ้งจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 การเก็บตัวอย่างน้ำใส่ถังเก็บ

รูปที่ 4.4 บีกเกอร์, ปิเปต และกระดาษกรอง

รูปที่ 4.5 เครื่องดูดสุญญากาศ และชุดกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 โถทำแห้ง

วิธีการทดลอง

1. นำกระดาษกรอง GF/C ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 ° C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถทำแห้ง

2. ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง GF/C สมมติว่ามีน้ำหนัก A กรัม

3. ต่อชุดเครื่องมือกรองดังรูปใช้ปากคีบหยิบกระดาษกรองวางบนกรวยบุคเนอร์ เปิดเครื่องดูดสุญญากาศ ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งติดต่อกันโดยใช้ครั้งละ 20มล.เปิดเครื่องดูดสุญญากาศต่อให้ดูดน้ำออกจนแห้ง ทิ้งน้ำล้างไป

4. เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี เทตัวอย่างที่ทราบปริมาตรลงกรองโดยค่อยๆเททีละน้อยอย่างต่อเนื่องจนหมด ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างภาชนะที่ใช้ตวงตัวอย่าง เทลงกรองและฉีดน้ำกลั่นที่ด้านข้างของกรวยบุคเนอร์รวมทั้งบนกระดาษ ปล่อยให้เครื่องดูดสุญญากาศดูดน้ำออกจนแห้ง ปิดเครื่อง

5. ใช้ปากคีบหนีบขอบกระดาษกรองใส่จานรอง นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105°ซ อย่างน้อยเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองสมมติน้ำหนัก B กรัม

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอย(มก./ล.)} = \left[(B-A)/C\right]\times 10^{6} \qquad (4.1)$$

เมื่อ A = น้ำหนักกระดาษกรองอย่างเดียว,กรัม

B = น้ำหนักกระดาษกรองและของแข็ง,กรัม

C = ปริมาตรตัวอย่างน้ำ,มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การวิเคราะห์ค่าความต้องการใช้ออกซิเจน

ใช้วิธีวิเคราะห์แบบโดยตรง ซึ่งเหมาะสำหรับตัวอย่างที่มีความสกปรกน้อยที่มีค่าบีโอดีไม่สูงมาก วิธีนี้ไม่ต้องทำให้ตัวอย่างเจือจางด้วยน้ำกลั่น นำตัวอย่างน้ำหาค่าบีโอดีโดยตรงเลย

เครื่องมือและอุปกรณ์

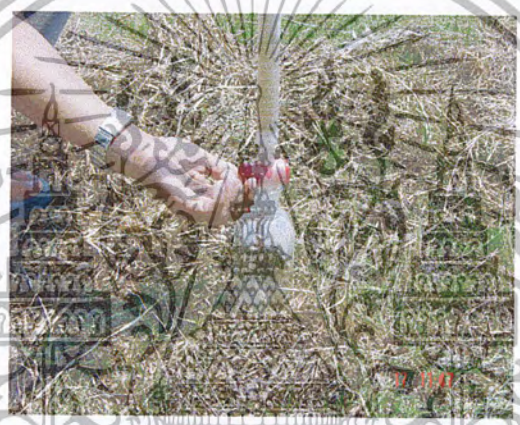
1. ขวดบีโอดี ขนาด 250-300 มล. ดังรูปที่ พร้อมจุกปิดสนิท ส่วนใหญ่ใช้ขวดที่ทำพิเศษเพื่อทำการหาค่า DO โดยเฉพาะ
2. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20±1°ซ และต้องมืดดังรูปที่
3. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ เช่น กระบอกตวง บิวเรต ขวดรูปกรวย เป็นต้น
4. เครื่องวัดค่าออกซิเจนละลาย

รูปที่ 4.7 ขวดบีโอดี

รูปที่ 4.8 เครื่องวัดออกซิเจนละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง



รูปที่ 4.10 การเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดบีโอดี

รูปที่ 4.11 การวัดค่าออกซิเจนละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1.เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดบีโอดีจำนวน 2 ขวด เติมน้ำให้ล้นปากขวด แล้วปิดจุก

2.นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลาย ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่เริ่มต้น สมมติเป็น DO_0

3.นำอีกขวดหนึ่งใส่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 20°ซ เป็นเวลา 5 วัน นำตัวอย่างมาหาค่าออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่ สมมติเป็น DO_5

การคำนวณ

$$\text{ค่าบีโอดี (มก./ลิตร)} = DO_0 - DO_5 \qquad (4.2)$$

โดยที่ DO_0 = ค่าออกซิเจนละลายที่เริ่มต้น

DO_5 = ค่าออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่

4.1.3 การวัดค่าพีเอช

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดพีเอช (pH Meter)
2. บีกเกอร์
3. เครื่องกวนแม่เหล็ก

รูปที่ 4.12 เครื่องวัดพีเอช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องวัดพีเอช ปล่อยให้เครื่องร้อนอย่างน้อย 15 นาทีก่อนใช้งาน

2. ปรับเทียบมาตรฐานเครื่อง ก่อนที่จะวัดค่าพีเอชตัวอย่าง โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ทราบค่าพีเอชที่แน่นอน

3. เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี เทใส่บีกเกอร์ แล้วจุ่มอิเล็กโทรด จนตัวเลขแสดงค่าพีเอชหยุดนิ่ง

4. เมื่อจะวัดตัวอย่างต่อไป ให้ฉีดล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นจนสะอาดและซับให้แห้งแล้วจึงวัดตัวอย่างต่อไป แต่ถ้าจะเลิกวัด หลังจากล้างอิเล็กโทรดแล้ว ให้แช่อิเล็กโทรดไว้ในสารละลายที่มีอิออนมากพอและควรมีฤทธิ์เป็นกรด

4.2 วิธีการสร้างบ่อทดลอง

4.2.1 การหาขนาดบ่อทดลอง

การหาขนาดของบ่อทดลองที่ใช้ในการทดลอง โดยการกำหนดจากเวลาที่ใช้ในการบำบัด

จากสมการ $HRT = V/Q$ (4.3)

เมื่อ HRT = เวลาในการกัก มีหน่วยเป็น hr

V = ปริมาตรของบ่อ มีหน่วยเป็น m^3

Q = อัตราการไหลของน้ำ มีหน่วยเป็น m^3/hr

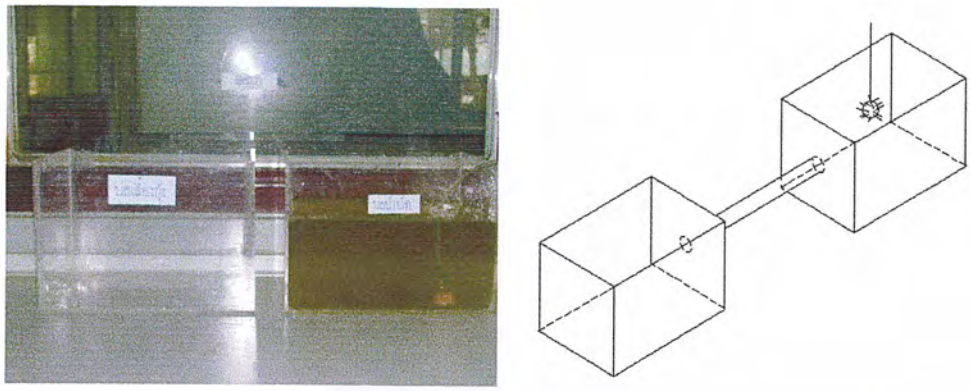
เวลาในการบำบัดโดยทั่วไปไม่ควรต่ำกว่า 8 ชั่วโมง และจากการเลือกปั๊มน้ำ ที่มีขนาดเล็กสุด และมีอัตราการไหลที่ค่อนข้างต่ำที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป มีอัตราการไหลเฉลี่ย 0.144 m^3/hr แทนค่าจากสมการที่จะได้

$8\ hr = V / 0.144\ m^3/hr$

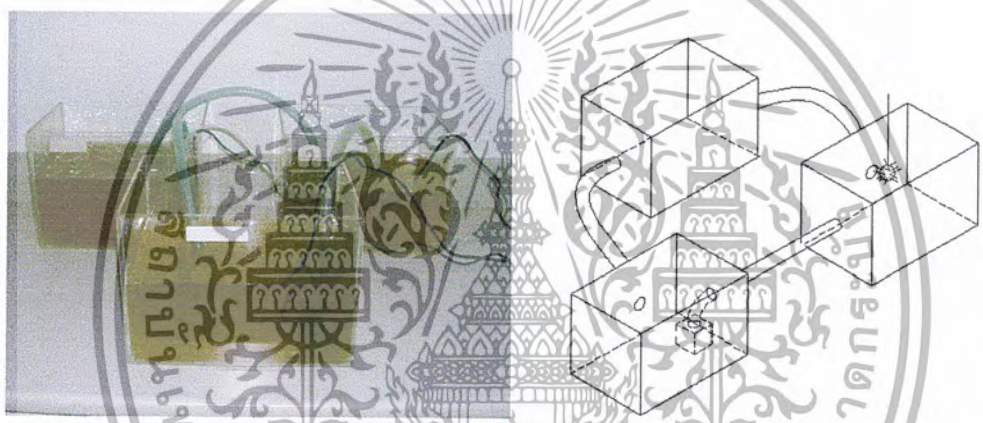
$V = 1.152\ m^3$

แต่เนื่องจากปัจจัยด้านพื้นที่ ค่าใช้จ่าย และการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ ทำให้ปริมาตรของบ่อทดลองลดเหลือเป็น 0.01 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 บ่อทดลองแบบกะ



รูปที่ 4.14 บ่อทดลองแบบกึ่งต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง

4.2.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ในชุดบ่อทดลอง

ตัวบ่อทดลองเลือกใช้แผ่นอะคิริคมาประกอบกัน ตัวปั๊มเลือกใช้ที่อัตราการไหลน้อย มีขนาดเล็กเหมือนกับปั๊มที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลา หาซื้อง่ายตามท้องตลาด หัวเติมอากาศเลือกใช้เป็นหัวแบบฟู่ที่ใช้เลี้ยงปลาตู้ ใช้บ่อละ 2 หัว เพื่อให้เติมอากาศได้ทั่วถึง

4.3 การดำเนินการทดลองโดยเก็บข้อมูลจากบ่อทดลอง

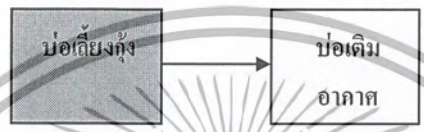
หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริงแล้ว ก็จะนำน้ำมาบำบัดในบ่อชุดทดลอง ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ระบบการบำบัดคือ แบบกะ แบบต่อเนื่อง และแบบกึ่งต่อเนื่อง จากนั้นทำการบำบัดโดยการเติมอากาศเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าสารแขวนลอย ค่าพีเอช ค่าบีโอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

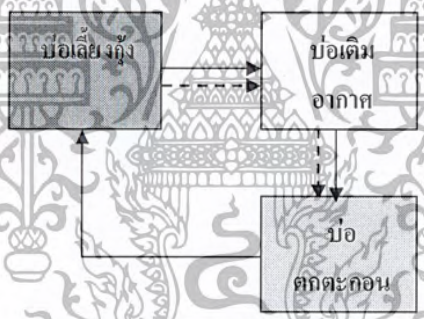
ชุดทดลองแบบกะจะทำการถ่ายน้ำจากบ่อกุ้งเข้าบ่อบำบัดครั้งเดียวจนหมด ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ เติมอากาศเป็นเวลา 8 ชั่วโมง

ชุดทดลองแบบกึ่งต่อเนื่อง ในตอนกลางวันจะไม่นิยมเปิดเครื่องเติมอากาศ เนื่องจากตอนกลางวันมีปริมาณออกซิเจนมาก แต่ตอนกลางคืนจะเปิดเครื่องเติมอากาศเพราะในตอนกลางคืนมีออกซิเจนละลายในน้ำน้อย

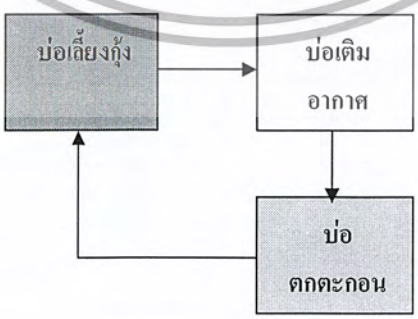
ชุดทดลองแบบต่อเนื่อง ระบบนี้น้ำจะไหลเวียนอยู่ตลอดเวลา และเปิดเครื่องเติมอากาศตลอดการบำบัด



รูปที่ 4.15 ระบบบำบัดแบบกะ



รูปที่ 4.16 ระบบบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่อง

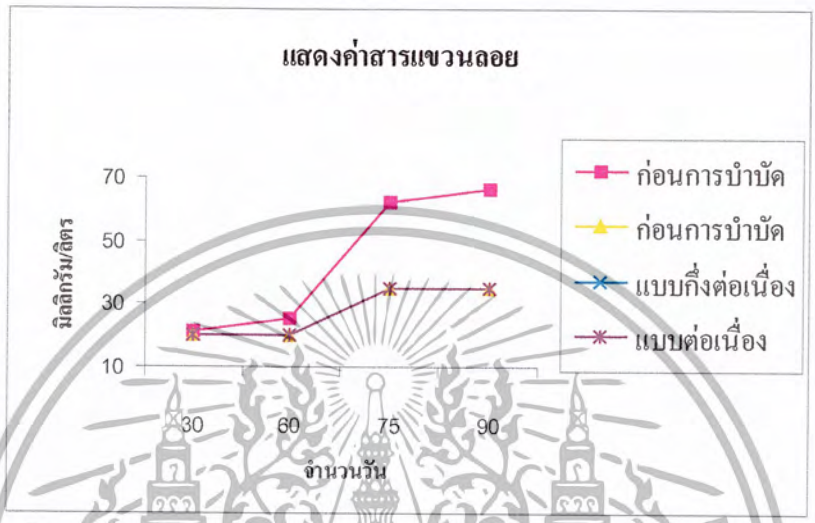


รูปที่ 4.17 ระบบบำบัดแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดลองค่าสารแขวนลอย



รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสารแขวนลอยก่อนและหลังการบำบัด

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสารแขวนลอยที่ได้ก่อนและหลังการบำบัด

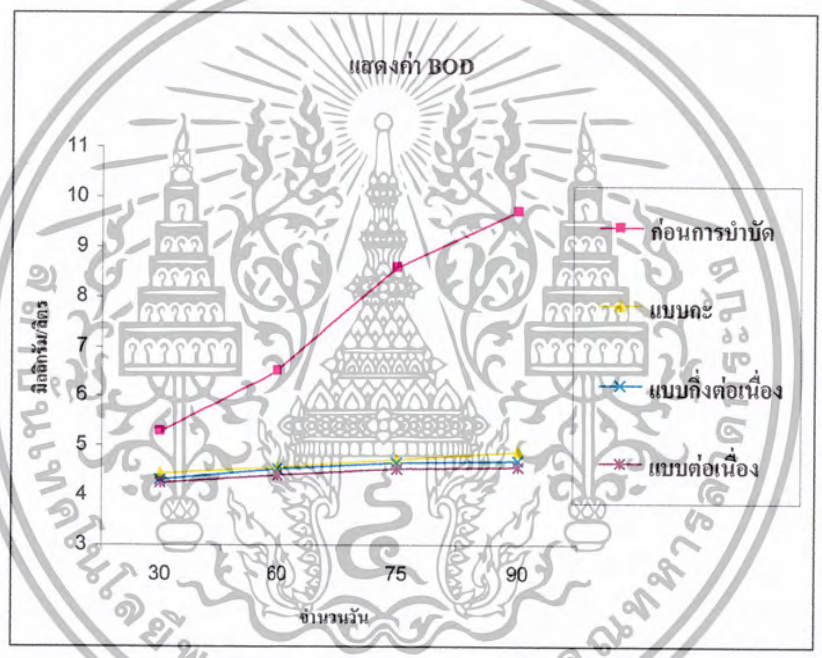
อายุกุ้ง, วัน	ค่าสารแขวนลอย, มก./ล.			
	ก่อนการบำบัด	แบบกะ	แบบกึ่งต่อเนื่อง	แบบต่อเนื่อง
30	21.50	20	20	20
60	25.50	20	20	20
75	62.50	35	35	35
90	66.25	35	35	35

จากรูปที่ 5.1 และตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าค่าสารแขวนลอยที่อายุกุ้ง 30 วัน มีค่า 21.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และแบบต่อเนื่องเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้ง 3 แบบสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 60 วัน มีค่า 25.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และแบบต่อเนื่องเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้ง 3 แบบสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 75 วัน มีค่า 62.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร และแบบต่อเนื่องเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้ง 3 แบบสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 26.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 90 วัน มีค่า 66.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร และแบบต่อเนื่องเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้ง 3 แบบสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 30.75 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.2 ผลการทดลองค่าความต้องการออกซิเจน



รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยบีโอดีก่อนและหลังการบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

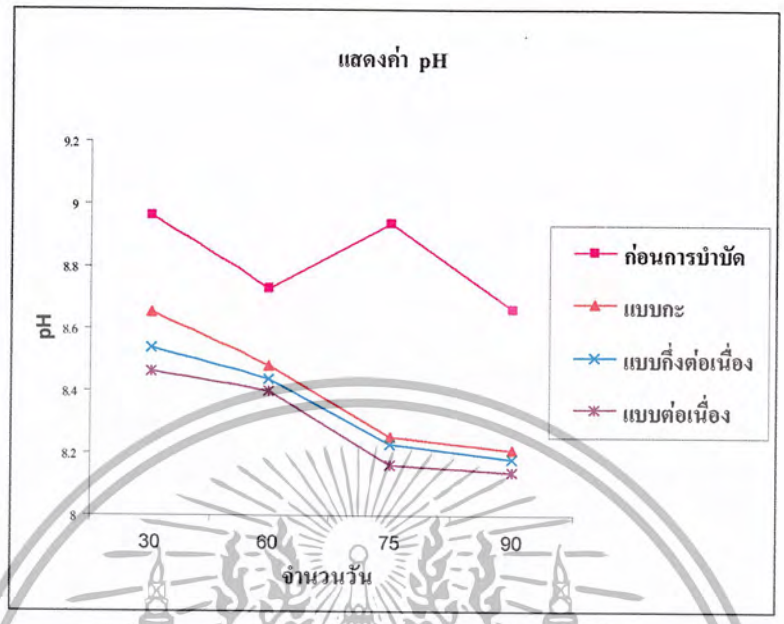
ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าบีโอดี ก่อนและหลังการบำบัด

อายุกุ้ง, วัน	ค่าบีโอดี, มก./ล.			
	ก่อนการบำบัด	แบบกะ	แบบกึ่งต่อเนื่อง	แบบต่อเนื่อง
30	5.30	4.43	4.33	4.27
60	6.50	4.57	4.53	4.40
75	8.60	4.73	4.67	4.53
90	9.70	4.87	4.70	4.57

จากรูปที่ 5.2 และตารางที่ 5.2 จะเห็นว่าค่าความต้องการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรีย ที่อายุกุ้ง 30 วัน มีค่าเท่ากับ 5.275 มิลลิกรัมต่อลิตรและพอผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 4.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลง 0.845 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 4.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลง 0.945 มิลลิกรัมต่อลิตร และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องเหลือ 4.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลงถึง 1.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 60 วัน มีค่าความต้องการออกซิเจนเท่ากับ 6.533 มิลลิกรัมต่อลิตรและพอผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 4.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลง 1.963 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 4.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลง 1.967 มิลลิกรัมต่อลิตร และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องเหลือ 4.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลงถึง 2.133 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 75 วัน มีค่าความต้องการออกซิเจนเท่ากับ 8.666 มิลลิกรัมต่อลิตรและพอผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 4.73 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลง 3.936 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 4.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลง 3.996 มิลลิกรัมต่อลิตร และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องเหลือ 4.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลงถึง 4.136 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 90 วัน มีค่าความต้องการออกซิเจนเท่ากับ 9.725 มิลลิกรัมต่อลิตรและพอผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 4.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลง 4.855 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 4.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลง 5.025 มิลลิกรัมต่อลิตร และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องเหลือ 4.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลงถึง 5.155 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการทดลองค่าความเป็นกรดเป็นด่าง



รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพีเอชก่อนและหลังการบำบัด

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าพีเอช ก่อนหลังการบำบัด

อายุกุ้ง, วัน	ค่าพีเอช			
	ก่อนการบำบัด	แบบกะ	แบบกึ่งต่อเนื่อง	แบบต่อเนื่อง
30	8.96	8.65	8.54	8.46
60	8.73	8.48	8.44	8.40
75	8.94	8.25	8.23	8.16
90	8.66	8.21	8.18	8.14

จากรูปที่ 5.3 และตารางที่ 5.3 จะเห็นว่าที่อายุกุ้ง 30 วัน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.96 และผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 8.65 ซึ่งลดลง 0.31 จากการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องจะเหลือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.54 ซึ่งลดลง 0.42 และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้วเหลือ 8.46 ซึ่งลดลงถึง 0.50 ที่อายุกุ้ง 60 วัน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.75 และผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 8.48 ซึ่งลดลง 0.27 จากการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องจะเหลือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.44 ซึ่งลดลง 0.31 และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้วเหลือ 8.40 ซึ่งลดลงถึง 0.35 ที่อายุกุ้ง 75 วัน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 8.94 และผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 8.25 ซึ่งลดลง 0.69 จากการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องจะเหลือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.23 ซึ่งลดลง 0.71 และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้วเหลือ 8.16 ซึ่งลดลงถึง 0.78 และที่อายุกุ้ง 90 วัน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.66 และผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 8.21 ซึ่งลดลง 0.45 จากการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องจะเหลือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.18 ซึ่งลดลง 0.48 และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้วเหลือ 8.14 ซึ่งลดลงถึง 0.52 สำหรับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองได้นำน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งมา 2 ส่วน โดยในส่วนแรกนำมาทำการทดสอบหาค่าคุณสมบัติพื้นฐานของน้ำ คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) ค่าสารแขวนลอย(Suspendend Solid) และค่าความต้องการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรีย(Biochemical Oxygen Demand) และส่วนที่สองนำมาทดลองในชุดบำบัด ซึ่งมี 3 แบบ คือ แบบกะ แบบกึ่งต่อเนื่อง และแบบต่อเนื่อง โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำที่อายุกุ้ง 30 วัน 60 วัน 75 วัน และ 90 วัน ซึ่งจากการทดลองปรากฏว่า ที่อายุกุ้ง 30 วัน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.96 และผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 8.65 ซึ่งลดลง 0.31 จากการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องจะเหลือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.54 ซึ่งลดลง 0.42 และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้วเหลือ 8.46 ซึ่งลดลงถึง 0.50 ที่อายุกุ้ง 60 วัน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.75 และผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 8.48 ซึ่งลดลง 0.27 จากการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องจะเหลือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.44 ซึ่งลดลง 0.31 และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้วเหลือ 8.40 ซึ่งลดลงถึง 0.35 ที่อายุกุ้ง 75 วัน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.94 และผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 8.25 ซึ่งลดลง 0.69 จากการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องจะเหลือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.23 ซึ่งลดลง 0.71 และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้วเหลือ 8.16 ซึ่งลดลงถึง 0.78 และที่อายุกุ้ง 90 วัน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.66 และผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 8.21 ซึ่งลดลง 0.45 จากการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องจะเหลือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.18 ซึ่งลดลง 0.48 และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้วเหลือ 8.14 ซึ่งลดลงถึง 0.52 สำหรับค่าสารแขวนลอยที่อายุกุ้ง 30 วัน มีค่า 21.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และแบบต่อเนื่องเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้ง 3 แบบสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 60 วัน มีค่า 25.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และแบบต่อเนื่องเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้ง 3 แบบสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 75 วัน มีค่า 62.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร และแบบต่อเนื่องเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้ง 3 แบบสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 26.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 90 วัน มีค่า 66.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร และแบบต่อเนื่องเหลือ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้ง 3 แบบสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 30.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าความต้องการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรีย ที่อายุกุ้ง 30 วัน มีค่าเท่ากับ 5.275 มิลลิกรัมต่อลิตรและพอผ่านการบำบัดแบบกะแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลือ 4.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลง 0.845 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 4.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลง 0.945 มิลลิกรัมต่อลิตร และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องเหลือ 4.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลงถึง 1.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 60 วัน มีค่าความต้องการออกซิเจนเท่ากับ 6.533 มิลลิกรัมต่อลิตรและพอผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 4.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลง 1.963 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 4.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลง 1.967 มิลลิกรัมต่อลิตร และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องเหลือ 4.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลงถึง 2.133 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 75 วัน มีค่าความต้องการออกซิเจนเท่ากับ 8.666 มิลลิกรัมต่อลิตรและพอผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 4.73 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลง 3.936 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 4.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลง 3.996 มิลลิกรัมต่อลิตร และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องเหลือ 4.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลงถึง 4.136 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อายุกุ้ง 90 วัน มีค่าความต้องการออกซิเจนเท่ากับ 9.725 มิลลิกรัมต่อลิตรและพอผ่านการบำบัดแบบกะแล้วเหลือ 4.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลง 4.855 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องเหลือ 4.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลง 5.025 มิลลิกรัมต่อลิตร และผ่านการบำบัดแบบต่อเนื่องเหลือ 4.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดลงถึง 5.155 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะเห็นว่าการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องนั้น ค่าที่คุณสมบัติพื้นฐานที่บำบัดได้นั้นมีค่าอยู่ระหว่างมากกว่าแบบกะ แต่ก็ไม่มากกว่าแบบต่อเนื่อง ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่องจะดีกว่าแบบกะ แต่ก็ยังไม่ดีเท่ากับแบบต่อเนื่อง แต่ค่าใช้จ่ายจะถูกกว่าแบบต่อเนื่อง

6.2 ข้อเสนอแนะ

การเก็บตัวอย่างน้ำมาบำบัดนั้น ปัจจัยที่มีผลทำให้ค่าคุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลง คือวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ และวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ ซึ่งจะต้องทำอย่างถูกต้อง ในชุดการทดลองควรมีขนาดเท่ากับขนาดที่คำนวณได้ มีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเหมือนของจริง เพื่อทำให้ไม่เกิดผลกระทบต่อการทดลอง และจากการทดลองแนะนำให้ใช้การบำบัดแบบกึ่งต่อเนื่อง เนื่องจากค่าคุณสมบัติที่ได้ไม่ต่างจากแบบกะ และแบบต่อเนื่องมากเท่าใดนัก หากใช้การบำบัดแบบกะ จะต้องใช้พื้นที่จำนวนมากในการบำบัด และถ้าใช้แบบต่อเนื่องก็จะทำให้เสียค่าพลังงานมาก และควรมีการศึกษาและเปรียบเทียบการบำบัดน้ำจากบ่อกุ้งจริงโดยใช้การบำบัดแบบกะ แบบกึ่งต่อเนื่อง และแบบต่อเนื่องในบ่อเลี้ยงกุ้งจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. พุทธ ส่องแสงจินดา, พ.ศ.2536, มลสารที่ปล่อยออกจากฟาร์มกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา, เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2536, สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง.

2. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, พ.ศ. 2543, บ่อบำบัดน้ำเสีย, เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

3. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, พ.ศ.2543, คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ, พิมพ์ครั้งที่ 3 , ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

4. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, ไพพรรณ พรประภา, เครื่องเติมอากาศ, การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ, 1997

5. ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตรและคณะ, พ.ศ.2533, การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา, เอกสารประชุมสัมมนาวิชาการ พ.ศ.2533 ,สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จ.สงขลา.

6. สไบทิพย์ อมรจารุชิตและคณะ, พ.ศ.2543, การศึกษาความผันแปรของคุณภาพน้ำและดินในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ(Penaeus monodon) ในเขตพื้นที่น้ำจืด จังหวัดราชบุรี,เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2543, สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล กรมประมง.

7. สิริ ทุกข์วินาศ และ คณะ, พ.ศ. 2542, คู่มือการเลี้ยงกุ้งกุลาดำพัฒนาระบบชีวภาพแบบ Code of Conduct , สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล กรมประมง.

8. สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี, พ.ศ.2542 , การพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทย ช่วงปี พ.ศ.2528-2538, กลุ่มงานวิเคราะห์และพัฒนาข้อมูลเชิงเศรษฐกิจ กองสถิติเศรษฐกิจ.

9. Metcalf & Eddy, Aerated Lagoon, Waste Water Engineering, Third Edition, Treatment Disposal Reuse,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ได้จากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง

การหาค่าสารแขวนลอย โดยเก็บที่กุ้งอายุ 30, 60, 75, และ 90 วัน

ตารางที่ 1 (ก) ค่าสารแขวนลอยที่อายุกุ้ง 30 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	ปริมาณสารแขวนลอย			
		น้ำหนักกระดาษ (กรัม)	น้ำหนักกระดาษ+ตะกอน (กรัม)	ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มล.)	ปริมาณตะกอน (มก./ล.)
1	1	0.094	0.095	40	25
	2	0.093	0.094	40	25
	3	0.094	0.095	40	25
	4	0.094	0.095	40	25
	5	0.094	0.095	40	0
2	1	0.094	0.094	40	25
	2	0.094	0.095	40	25
	3	0.094	0.095	40	25
	4	0.093	0.094	40	25
	5	0.093	0.094	40	25
3	1	0.092	0.093	40	25
	2	0.093	0.093	40	0
	3	0.093	0.094	40	25
	4	0.094	0.095	40	25
	5	0.094	0.095	40	25
4	1	0.093	0.094	40	25
	2	0.092	0.093	40	25
	3	0.092	0.093	40	25
	4	0.093	0.093	40	0
	5	0.093	0.094	40	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ข) ค่าสารแขวนลอยที่อายุกุ้ง 60 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	ปริมาณสารแขวนลอย			
		น้ำหนักกระดาษ (กรัม)	น้ำหนักกระดาษ+ตะกอน (กรัม)	ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มล.)	ปริมาณตะกอน (มก./ล.)
1	1	0.092	0.093	40	25
	2	0.092	0.093	40	25
	3	0.092	0.093	40	25
	4	0.091	0.092	40	25
	5	0.093	0.094	40	25
2	1	0.093	0.094	40	25
	2	0.092	0.093	40	25
	3	0.093	0.094	40	25
	4	0.092	0.093	40	25
	5	0.093	0.094	40	25
3	1	0.094	0.095	40	25
	2	0.092	0.093	40	25
	3	0.092	0.094	40	50
	4	0.093	0.094	40	25
	5	0.093	0.094	40	25
4	1	0.093	0.094	40	25
	2	0.093	0.094	40	25
	3	0.092	0.094	40	50
	4	0.092	0.093	40	25
	5	0.094	0.095	40	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ค) ค่าสารแขวนลอยที่อายุกุ้ง 75 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	ปริมาณสารแขวนลอย			
		น้ำหนักกระดาษ (กรัม)	น้ำหนักกระดาษ+ตะกอน (กรัม)	ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มล.)	ปริมาณตะกอน (มก./ล.)
1	1	0.092	0.096	40	100
	2	0.092	0.096	40	100
	3	0.091	0.093	40	50
	4	0.092	0.095	40	75
	5	0.092	0.094	40	50
2	1	0.091	0.093	40	50
	2	0.091	0.095	40	100
	3	0.092	0.094	40	50
	4	0.092	0.094	40	50
	5	0.093	0.095	40	50
3	1	0.093	0.095	40	50
	2	0.091	0.093	40	50
	3	0.092	0.095	40	75
	4	0.092	0.094	40	50
	5	0.091	0.093	40	50
4	1	0.092	0.094	40	50
	2	0.090	0.092	40	50
	3	0.092	0.095	40	75
	4	0.091	0.093	40	50
	5	0.090	0.093	40	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ง) ค่าสารแขวนลอยที่อายุกุ้ง 90 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	ปริมาณสารแขวนลอย			
		น้ำหนักกระดาษ (กรัม)	น้ำหนักกระดาษ+ตะกอน (กรัม)	ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มล.	ปริมาณตะกอน (มก./ล.)
1	1	0.092	0.094	40	50
	2	0.093	0.095	40	50
	3	0.093	0.095	40	50
	4	0.091	0.094	40	75
	5	0.092	0.094	40	50
2	1	0.092	0.094	40	50
	2	0.092	0.095	40	75
	3	0.093	0.095	40	50
	4	0.091	0.094	40	75
	5	0.092	0.094	40	50
3	1	0.091	0.094	40	75
	2	0.093	0.095	40	50
	3	0.092	0.096	40	100
	4	0.092	0.095	40	75
	5	0.093	0.095	40	50
4	1	0.092	0.095	40	75
	2	0.093	0.095	40	50
	3	0.092	0.096	40	100
	4	0.092	0.095	40	75
	5	0.091	0.095	40	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าพีเอช โดยเก็บที่อายุกุ้ง 30, 60, 75 และ 90 วัน

ตารางที่ 2 (ก) ค่าพีเอชที่อายุกุ้ง 30 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	พีเอช
1	1	8.94
	2	8.95
	3	8.95
	4	8.95
	5	8.95
2	1	8.96
	2	8.96
	3	8.96
	4	8.96
	5	8.97
3	1	8.98
	2	8.98
	3	8.98
	4	8.97
	5	8.98
4	1	8.97
	2	8.97
	3	8.97
	4	8.97
	5	8.97

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ข) ค่าพีเอชที่อายุกุ้ง 60 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	พีเอช
1	1	8.72
	2	8.72
	3	8.72
	4	8.72
	5	8.71
2	1	8.74
	2	8.74
	3	8.75
	4	8.74
	5	8.75
3	1	8.73
	2	8.72
	3	8.73
	4	8.74
	5	8.73
4	1	8.70
	2	8.71
	3	8.71
	4	8.70
	5	8.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ค) ค่าพีเอชที่อายุกุ้ง 75 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	พีเอช
1	1	8.85
	2	8.86
	3	8.85
	4	8.85
	5	8.85
2	1	9.05
	2	9.05
	3	9.06
	4	9.05
	5	9.06
3	1	9.00
	2	8.98
	3	8.99
	4	9.00
	5	9.00
4	1	8.85
	2	8.85
	3	8.86
	4	8.85
	5	8.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ง) ค่าพีเอชที่อายุกุ้ง 90 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	พีเอช
1	1	8.85
	2	8.86
	3	8.88
	4	8.87
	5	8.86
2	1	8.55
	2	8.57
	3	8.55
	4	8.54
	5	8.56
3	1	8.83
	2	8.82
	3	8.83
	4	8.82
	5	8.83
4	1	8.41
	2	8.41
	3	8.42
	4	8.40
	5	8.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าบีโอดี โดยเก็บที่อายุกุ้ง 30, 60, 75 และ 90 วัน

ตารางที่ 3 (ก) ค่าบีโอดีที่อายุกุ้ง 30 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	DO_0, mg/L	DO_5, mg/L	BOD_5, mg/L
1	1	11.8	6.5	5.3
	2	11.8	6.6	5.2
	3	11.9	6.7	5.2
2	1	11.8	6.7	5.1
	2	11.7	6.5	5.2
	3	11.7	6.5	5.2
3	1	11.8	6.5	5.3
	2	11.8	6.5	5.5
	3	11.8	6.4	5.4
4	1	11.5	6.1	5.4
	2	11.5	6.2	5.3
	3	11.6	6.2	5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 (ข) ค่าบโอดีที่อายุกุ้ง 60 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	DO_0, mg/L	DO_5, mg/L	BOD_5, mg/L
1	1	11.2	4.7	6.5
	2	11.2	4.8	6.4
	3	11.3	4.7	6.6
2	1	11.5	4.7	6.8
	2	11.5	4.9	6.6
	3	11.4	4.8	6.6
3	1	11.5	4.8	6.7
	2	11.5	4.8	6.7
	3	11.6	4.7	6.9
4	1	11.0	4.7	6.3
	2	10.8	4.7	6.1
	3	10.9	4.7	6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 (ค) ค่าบีโอดีที่อายุกุ้ง 75 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	DO_0, mg/L	DO_5, mg/L	BOD_5, mg/L
1	1	15.5	6.6	8.9
	2	15.3	6.4	8.9
	3	15.3	6.3	9.0
2	1	16.4	7.4	9.0
	2	16.5	7.4	9.1
	3	16.3	6.9	9.4
3	1	16.3	8.3	8.0
	2	15.9	8.0	7.9
	3	15.8	7.8	8.0
4	1	15.0	6.3	8.7
	2	14.9	6.3	8.6
	3	14.7	6.2	8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 (ง) ค่าบีโอดีที่อายุกุ้ง 90 วัน

จุดที่	ซ้ำที่	DO_0, mg/L	DO_5, mg/L	BOD_5, mg/L
1	1	16.5	6.7	9.8
	2	16.3	6.4	9.9
	3	16.6	6.6	10.0
2	1	17.8	7.8	10.0
	2	17.6	7.5	10.1
	3	17.1	7.3	9.8
3	1	17.6	8.1	9.5
	2	17.4	8.0	9.4
	3	17.2	7.7	9.5
4	1	16.0	6.6	9.4
	2	16.1	6.5	9.6
	3	16.1	6.4	9.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดลองจากบ่อบำบัด

ค่าการบำบัดสารแขวนลอยที่อายุกุ้ง 30, 60, 75 และ 90 วัน

ตารางที่ 1 (ก) ค่าสารแขวนลอย บำบัดที่อายุกุ้ง 30 วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	ปริมาณสารแขวนลอย			
		น้ำหนักกระดาษ (กรัม)	น้ำหนักกระดาษ + ตะกอน (กรัม)	ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มล.)	ปริมาณตะกอน (มก./ล.)
แบบกะ	1	0.093	0.094	40	25
	2	0.093	0.094	40	25
	3	0.093	0.094	40	25
	4	0.094	0.094	40	0
	5	0.093	0.094	40	25
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	0.093	0.093	40	0
	2	0.093	0.094	40	25
	3	0.093	0.094	40	25
	4	0.092	0.093	40	25
	5	0.092	0.093	40	25
แบบต่อเนื่อง	1	0.092	0.093	40	25
	2	0.092	0.093	40	25
	3	0.093	0.094	40	25
	4	0.093	0.094	40	25
	5	0.092	0.092	40	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ข) ค่าสารแขวนลอย บำบัดที่อายุกุ้ง 60 วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	ปริมาณสารแขวนลอย			
		น้ำหนักกระดาษ (กรัม)	น้ำหนักกระดาษ + ตะกอน (กรัม)	ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มล.)	ปริมาณตะกอน (มก./ล.)
แบบกะ	1	0.092	0.093	40	25
	2	0.093	0.094	40	25
	3	0.093	0.094	40	25
	4	0.092	0.093	40	25
	5	0.092	0.093	40	25
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	0.092	0.092	40	0
	2	0.093	0.094	40	25
	3	0.093	0.095	40	50
	4	0.093	0.094	40	25
	5	0.092	0.093	40	25
แบบต่อเนื่อง	1	0.093	0.094	40	25
	2	0.092	0.093	40	25
	3	0.093	0.094	40	25
	4	0.093	0.094	40	25
	5	0.092	0.093	40	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ค) ค่าสารแขวนลอย บำบัดที่อายุกุ้ง 75วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	ปริมาณสารแขวนลอย			
		น้ำหนักกระดาษ (กรัม)	น้ำหนักกระดาษ + ตะกอน (กรัม)	ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มล.)	ปริมาณตะกอน (มก./ล.)
แบบกะ	1	0.092	0.093	40	25
	2	0.092	0.093	40	25
	3	0.091	0.093	40	50
	4	0.093	0.094	40	25
	5	0.091	0.093	40	50
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	0.091	0.092	40	25
	2	0.092	0.093	40	25
	3	0.092	0.094	40	50
	4	0.091	0.093	40	50
	5	0.092	0.093	40	25
แบบต่อเนื่อง	1	0.090	0.091	40	25
	2	0.092	0.094	40	50
	3	0.092	0.093	40	25
	4	0.092	0.094	40	50
	5	0.092	0.093	40	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ง) ค่าสารแขวนลอย บำบัดที่อายุกุ้ง 90วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	ปริมาณสารแขวนลอย			
		น้ำหนักกระดาษ (กรัม)	น้ำหนักกระดาษ + ตะกอน (กรัม)	ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มล.)	ปริมาณตะกอน (มก./ล.)
แบบกะ	1	0.094	0.095	40	25
	2	0.094	0.094	40	25
	3	0.092	0.094	40	50
	4	0.093	0.095	40	50
	5	0.092	0.093	40	25
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	0.092	0.093	40	25
	2	0.093	0.094	40	25
	3	0.093	0.095	40	50
	4	0.092	0.093	40	25
	5	0.093	0.095	40	50
แบบต่อเนื่อง	1	0.093	0.095	40	50
	2	0.091	0.092	40	25
	3	0.094	0.095	40	25
	4	0.092	0.094	40	50
	5	0.093	0.094	40	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการบำบัดพีเอชที่อายุกุ้ง 30, 60, 75 และ 90 วัน

ตารางที่ 2 (ก) ค่าพีเอช บำบัดที่อายุกุ้ง 30วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	พีเอช
แบบกะ	1	8.67
	2	8.65
	3	8.64
	4	8.64
	5	8.64
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	8.55
	2	8.55
	3	8.54
	4	8.54
	5	8.54
แบบต่อเนื่อง	1	8.47
	2	8.45
	3	8.56
	4	8.45
	5	8.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ข) ค่าพีเอช บำบัดที่อายุกุ้ง 60วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	พีเอช
แบบกะ	1	8.48
	2	8.48
	3	8.47
	4	8.47
	5	8.48
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	8.43
	2	8.43
	3	8.43
	4	8.44
	5	8.45
แบบต่อเนื่อง	1	8.39
	2	8.39
	3	8.40
	4	8.40
	5	8.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ค) ค่าพีเอช บำบัดที่อายุกุ้ง 75วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	พีเอช
แบบกะ	1	8.25
	2	8.25
	3	8.25
	4	8.25
	5	8.25
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	8.23
	2	8.23
	3	8.23
	4	8.23
	5	8.23
แบบต่อเนื่อง	1	8.17
	2	8.17
	3	8.16
	4	8.16
	5	8.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ง) ค่าพีเอช บำบัดที่อายุกุ้ง 90วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	พีเอช
แบบกะ	1	8.21
	2	8.21
	3	8.21
	4	8.21
	5	8.21
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	8.17
	2	8.18
	3	8.18
	4	8.18
	5	8.18
แบบต่อเนื่อง	1	8.14
	2	8.14
	3	8.14
	4	8.14
	5	8.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการบำบัดบีโอดีที่อายุกุ้ง 30, 60, 75 และ 90 วัน

ตารางที่ 3 (ก) ค่าบีโอดี บำบัดที่อายุกุ้ง 30วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	DO_0 (mg/L)	DO_5 (mg/L)	BOD_5 (mg/L)
แบบกะ	1	6.4	1.9	4.5
	2	6.4	2.0	4.4
	3	6.3	1.9	4.4
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	6.3	2.0	4.3
	2	6.3	2.0	4.3
	3	6.4	2.0	4.4
แบบต่อเนื่อง	1	6.4	2.1	4.3
	2	6.5	2.3	4.2
	3	6.5	2.2	4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 (ข) ค่าบีโอดี บำบัดที่อายุกุ้ง 60วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	DO_0 (mg/L)	DO_5 (mg/L)	BOD_5 (mg/L)
แบบกะ	1	7.3	2.7	4.6
	2	7.4	2.8	4.6
	3	7.3	2.8	4.5
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	7.3	2.8	4.5
	2	7.3	2.8	4.5
	3	7.4	2.8	4.6
แบบต่อเนื่อง	1	7.5	3.1	4.4
	2	7.4	3.1	4.3
	3	7.5	3.0	4.5

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 (ค) ค่าบีโอดี บำบัดที่อายุกุ้ง 75วัน

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	DO_0 (mg/L)	DO_5 (mg/L)	BOD_5 (mg/L)
แบบกะ	1	7.5	2.8	4.7
	2	7.4	2.7	4.7
	3	7.6	2.8	4.8
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	7.4	2.8	4.6
	2	7.2	2.6	4.6
	3	7.3	2.6	4.7
แบบต่อเนื่อง	1	7.5	2.9	4.6
	2	7.4	2.9	4.5
	3	7.5	3.0	4.5

ตารางที่ 3 (ง) ค่าบีโอดี บำบัดที่อายุกุ้ง 90วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบบำบัด	ซ้ำที่	DO_0 (mg/L)	DO_5 (mg/L)	BOD_5 (mg/L)
แบบกะ	1	7.2	2.3	4.9
	2	7.2	2.4	4.8
	3	7.3	2.4	4.9
แบบกึ่งต่อเนื่อง	1	7.1	2.4	4.7
	2	7.2	2.4	4.8
	3	7.2	2.6	4.6
แบบต่อเนื่อง	1	7.4	2.8	4.6
	2	7.3	2.7	4.6
	3	7.4	2.9	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณพ่อคุณแม่ ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูมาอย่างดี ขอขอบพระคุณอาจารย์ วิภา เจียระไนวชิระ และ อาจารย์ ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทำการทดลอง และให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ในโครงงานครั้งนี้ด้วย

ขอขอบคุณ คุณลุงเจ้าของบ่อกุ้งที่ได้ช่วยเหลือเรื่องการเก็บข้อมูลและน้ำตัวอย่างจากบ่อกุ้ง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติงาน ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร เจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาฯ ตลอดจนเพื่อนๆ และน้องๆ ที่คอยเป็นกำลังใจจนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นางสาว สาริกร มณีแสน

นาย อธิการ ไพสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้