

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการ  
บำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศ  
และไม่เติมอากาศ

THE STUDY OF COMMUNITY WASTEWATER TREATMENT  
EFFICIENCY IN COMPARISON OF AEROBIC AND ANAEROBIC  
BY PHYSICAL-BIOLOGICAL PROCESS



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)  
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY OF COMMUNITY WASTEWATER TREATMENT  
EFFICIENCY IN COMPARISON OF AEROBIC AND ANAEROBIC  
BY PHYSICAL-BIOLOGICAL PROCESS



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENT FOR  
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY , FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หัวข้อโครงการพิเศษ

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดย  
กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธี  
แบบเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ

The study of community wastewater treatment  
efficiency in comparison of aerobic and anaerobic by  
physical - biological process

## ชื่อนักศึกษา

นายยศพล เลิศดำรงเกียรติ รหัสนักศึกษา 55050975  
นางสาววรัทยา วิริยะวนิชย์ รหัสนักศึกษา 55050990  
นางสาวศุภรัตน์ ครองยุทธ รหัสนักศึกษา 55051012

## ปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

## ภาควิชา

เคมี

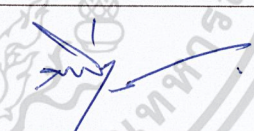
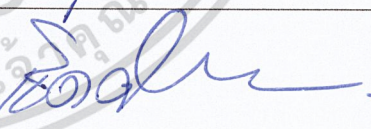

## ปีการศึกษา

2558

## อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้  
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)  
ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.กลีนสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ประธานกรรมการ	
ดร.เชิดศักดิ์ มณีรัตน์รุ่งโรจน์ กรรมการ	
ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

## ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ		
ชื่อนักศึกษา	นายยศพล เลิศดำรงเกียรติ	รหัสนักศึกษา	55050975
	นางสาวรศทยา วิริยะวนิชย์	รหัสนักศึกษา	55050990
	นางสาวศุภรัตน์ ครองยุทธ	รหัสนักศึกษา	55051012
ปริญญา ภาควิชา คณะ	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) เคมี วิทยาศาสตร์		
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)		
ปีการศึกษา	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์		

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศจากน้ำเสียชุมชนซอยเชื่อมสัมพันธ์ 31 โดยสีของน้ำเป็นสีดำ มีตะกอนลอยผิวน้ำเป็นจำนวนมาก และส่งกลิ่นเหม็นทั่วชุมชน ในงานวิจัยนี้เราศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพร่วมกับทางชีวภาพ โดยเราจะทำการวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำดังนี้ pH, Conductivity, BOD, COD, SS, TDS และ TN เป็นต้น การบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ จะมีตัวกลางที่ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ โดยตัวกลางที่ใช้คือ ไยกรองตู้ปลาชนิดหยาบ มีการจำลองถึงบำบัด 4 ถึง ประกอบด้วย ถังบำบัดแรก เป็นถังที่ไม่เติมอากาศ มีไยกรองไม่ติดกับตัวบีมน์น้ำ ถังที่ 2 เป็นถังที่เติมอากาศ มีไยกรองไม่ติดกับตัวบีมน์น้ำ ถังที่ 3 เป็นถังที่เติมอากาศ มีไยกรองที่ติดกับตัวบีมน์น้ำ และถังสุดท้าย เป็นถังที่ไม่เติมอากาศ มีไยกรองที่ติดกับตัวบีมน์น้ำ หลังจากทำการบำบัด พบว่าถังบำบัดที่ 2 เป็นถังที่บำบัดได้ดีที่สุดโดยมีค่า Suspended Solid เริ่มต้นเท่ากับ 35.75 mg/L ลดลงเหลือ 0 mg/L ค่า Total Dissolve Solid เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 570 mg/L ลดลงเหลือ 415 mg/L การศึกษาค่า BOD เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 348.17 mg/L ลดลงเหลือ 12 mg/L ส่วนค่า COD ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 405.76 mg/L ลดลงเหลือ 38.98 mg/L ค่าไขมันและน้ำมันพบว่าค่าเริ่มต้นเท่ากับ 52.7 mg/L ลดลงเหลือ 0 mg/L และค่า Total Nitrogen พบว่าค่าลดลงในช่วง 2 สัปดาห์แรก พอสัปดาห์ที่ 3 พบว่าค่า Total Nitrogen มีค่าเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : จุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัด, บีมน์น้ำ, ไยกรองตู้ปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Title</b>	The study of community wastewater treatment efficiency in comparison of aerobic and anaerobic by physical-biological process		
<b>Student Name</b>	Mr. Yossapon Lertdamrongkiart	Student ID	55050975
	Miss Warattaya Wiriyawanich	Student ID	55050990
	Miss Suleerat Krongyut	Student ID	55051012
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)		
<b>Department</b>	Chemistry		
<b>Faculty</b>	Science		
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
<b>Academic Year</b>	2015		
<b>Advisor</b>	Dr.Tipachai Vatanavicharn		

### Abstract

This research studies on the Comparison of Wastewater Treatment Efficiency in the Community by Physical-Biological process between Aerobic and Anaerobic. This research has combined both Biological therapy and Physical therapy together. The parameters can be analyzed by looking at pH, Conductivity, SS, TDS, TN, FOG, COD and BOD. Wastewater treatment has microbe adhesion to the media. The medium used is fiber filter; the fiber can make 2 thon at the same time, means than it can give microbe adhesion and filter particles or dust in the water. Moreover, this experiment will be done in 4 modules: the first tank don't fill the air while the fiber filter is outside of the water pump, the second tank fills the air and fiber filter outside of the water pump, the third tank fills the air and fiber filter inside of water pump and lastly, the fourth tank don't fill the air and fiber filter inside of water pump. As a result, once all the treatments were finished, the second tank is the best :Suspended Solid start at 35.75 mg / L down to 0 mg / L ,Total Dissolve Solid start is equal to 570 mg / L down. to 415 mg / L ,BOD Starting with a value of 348.17 mg / L decreased to 12 mg / L , COD default value of 405.76 mg / L decreased to 38.98 mg / L , fats and oils started 52.7 mg / L down to 0 mg / L and the Total Nitrogen were reduced during the first-two weeks. After three weeks the Total Nitrogen were increased.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**Keywords:** microbe, Flow rate, Fiber filter  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลงไปด้วยดีเนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่านดังนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ธิชัย วัฒนวิจารณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับความรู้ อบรมให้ทำงานอย่างมีแบบแผน พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือและตรวจทานโครงการพิเศษนี้ ทำให้การจัดทำโครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.กลินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และดร.เชตศักดิ์ มณีรัตน์รุ่งโรจน์ ที่ได้ให้คำแนะนำให้คำปรึกษาและเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆ และยังช่วยตรวจสอบเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี และเจ้าหน้าที่ของศูนย์เครื่องมือฯ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์งานต่างๆจนทำให้โครงการพิเศษนี้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดาและบุคคลในครอบครัวที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุกๆด้านรวมทั้งเพื่อนๆพี่ๆที่ให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้การศึกษาตลอดระยะเวลา 4 ปี และให้ทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงานจนสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ประโยชน์และความรู้อันพึงที่มาจากโครงการพิเศษฉบับนี้ขอมอบแก่บิดา มารดา ครอบครัว ผู้มีพระคุณ และคณาจารย์ทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้ศึกษาขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ยศพล

เลิศดำรงเกียรติ

วรัทยา

วิริยะวิชัย

ศุภรัตน์

ครองยุทธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

## หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>3</b>
2.1 น้ำเสีย.....	3
2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย.....	3
2.1.2 ประเภทของน้ำเสีย.....	3
2.1.3 ลักษณะสำคัญของน้ำเสีย.....	4
2.1.4 การบำบัดน้ำเสีย.....	7
2.1.5 ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย.....	8
2.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ.....	8
2.2.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน.....	8
2.2.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน.....	9
2.3 จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย.....	10
2.3.1 จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย.....	10
2.3.2 จุลินทรีย์ที่สำคัญ.....	11
2.3.3 ประสิทธิภาพ.....	11
2.3.4 การใช้และปริมาณการใช้.....	12
2.3.5 การเก็บรักษา.....	12
2.4 ตัวกลางที่ใช้ยึดเกาะ.....	12
2.4.1 วัสดุกรองในตู้ปลา.....	12
2.5 การเก็บตัวอย่างน้ำ.....	16
2.5.1 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ.....	16
2.5.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ.....	17
2.5.3 ข้อปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างน้ำ.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ผู้พิมพ์ไม่รับผิดชอบต่อผลเสียหายและต้อยต่ำอันถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรรมนำไปใช้

2.6 พารามิเตอร์.....	19
2.6.2 พีเอช.....	19
2.6.3 ค่าการนำไฟฟ้า.....	19
2.6.4 ซีโอดี.....	20
2.6.5 ซีไอดี.....	21
2.6.6 ของแข็ง.....	21
2.6.7 ไขมันและน้ำมัน.....	22
2.6.8 ไนโตรเจนทั้งหมด.....	23
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....</b>	<b>26</b>
3.1 แหล่งที่มาของน้ำเสีย.....	26
3.2 แบบจำลองถังบำบัด.....	26
3.2.1 แบบจำลองถังบำบัดที่มีตัวกรองไม่ติดกับปั้มน้ำ.....	26
3.2.2 แบบจำลองถังบำบัดที่มีตัวกรองติดกับปั้มน้ำ.....	27
3.3 สารเคมีที่ใช้.....	27
3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	28
3.4.1 เครื่องมือ.....	27
3.4.2 อุปกรณ์.....	28
3.5 การดำเนินการทดลอง.....	29
3.5.1 การสร้างถังบำบัดน้ำเสีย.....	29
3.5.2 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย.....	28
3.5.3 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียตัวอย่าง.....	29
3.5.4 การดำเนินงาน.....	30
3.6 วิธีการวิเคราะห์.....	30
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....</b>	<b>32</b>
4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนและหลังเข้าสู่ระบบบำบัด.....	32
4.2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด.....	32
4.3 ผลการศึกษาค่า pH.....	33
4.4 ผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้า.....	34
4.5 ผลการศึกษาค่าของแข็งแขวนลอย.....	35
4.6 ผลการศึกษาค่าของแข็งละลายน้ำ.....	36
4.7 ผลการศึกษาค่าไขมันและน้ำมัน.....	37
4.8 ผลการศึกษาค่าไนโตรเจนทั้งหมด.....	38
4.9 ผลการศึกษาค่าซีโอดี.....	39
4.10 ผลการศึกษาค่าซีไอดี.....	40

4.11 วิจารณ์ผลการวิจัย..... 41

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 42

    5.1 สรุปผลการวิจัย ..... 42

    5.2 ข้อเสนอแนะ..... 42

เอกสารอ้างอิง ..... 43

ภาคผนวก ก..... 47

ภาคผนวก ข..... 58

ภาคผนวก ค..... 62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย .....	29
ตารางที่ 3.2 วิธีการวิเคราะห์ในแต่ละพารามิเตอร์.....	30
ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนและหลังเข้าสู่ระบบบำบัด.....	32
ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด.....	32
ตารางที่ ก.1 ปริมาตรตัวอย่างน้ำและสารเคมีสำหรับหลอดแก้วชนิดต่างๆ .....	49
ตารางที่ ก.2 การเลือกเจือจางน้ำตัวอย่างให้เหมาะสมในการหาค่า BOD .....	52
ตารางที่ ข.1 ตารางผลการวัดค่า pH .....	58
ตารางที่ ข.2 ตารางผลการวัดค่าการนำไฟฟ้า .....	58
ตารางที่ ข.3 ตารางผลการวัดค่าไขมันและน้ำมัน.....	59
ตารางที่ ข.4 ตารางผลการวัดค่าของแข็งแขวนลอย.....	59
ตารางที่ ข.5 ตารางผลการวัดค่าของแข็งละลายน้ำ .....	60
ตารางที่ ข.6 ตารางผลการวัดค่าไนโตรเจนทั้งหมด.....	60
ตารางที่ ข.7 ตารางผลการวัดค่าซีโอดี.....	61
ตารางที่ ข.8 ตารางผลการวัดค่าบีโอดี.....	61
ตารางที่ ค.1 ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน.....	62
ตารางที่ ค.2 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร.....	63
ตารางที่ ค.3 ค่ามาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปลูกภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 วัสดุกรองกายภาพ .....	13
รูปที่ 2.2 วัสดุกรองแบบเคมี.....	13
รูปที่ 2.3 หินพัมมิส .....	14
รูปที่ 2.4 เซรามิกริงแบบรูปทูน.....	14
รูปที่ 2.5 เศษปะการัง .....	15
รูปที่ 2.6 อะควาเคลย์ .....	15
รูปที่ 2.7 การเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง .....	16
รูปที่ 2.8 การเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวม .....	17
รูปที่ 3.1 แหล่งที่มาของน้ำเสีย.....	26
รูปที่ 3.2 แบบจำลองถังบำบัดที่มีตัวกรองไม่ติดกับบิมน้ำ .....	26
รูปที่ 3.3 แบบจำลองถังบำบัดที่มีตัวกรองติดกับบิมน้ำ.....	27
รูปที่ 3.4 ถังบำบัดและโคร่งยึดตัวกรอง.....	29
รูปที่ 4.1 ค่า pH ของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง.....	33
รูปที่ 4.2 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง.....	34
รูปที่ 4.3 ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง .....	35
รูปที่ 4.4 ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง.....	36
รูปที่ 4.5 ค่าไขมันและน้ำมันของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง .....	37
รูปที่ 4.6 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง .....	38
รูปที่ 4.7 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง.....	39
รูปที่ 4.8 ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำเสียที่มีสิ่งเจือปนต่างๆมากมายจนกระทั่งกลายเป็นน้ำดื่มที่ไม่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป โดยเฉพาะน้ำเสียชุมชน ที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนและกิจกรรมที่เป็นอาชีพ โดยองค์ประกอบของน้ำเสียชุมชน ประกอบไปด้วย ของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งจมตัวได้ บีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนีย สารฟอสฟอรัสในรูปของสารอินทรีย์และฟอสเฟต น้ำมันและไขมัน โคลิฟอร์มทั้งหมด และพีคัลโคลิฟอร์ม โดยปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากบ้านเรือน อาคารมีปริมาณมากพอสมควรทำให้น้ำเสียเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อคนในชุมชน จึงหาวิธีบำบัดน้ำเสีย โดยการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียก็ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ลักษณะน้ำเสีย ระดับการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปสภาพท้องถิ่น ค่าลงทุนก่อสร้าง เป็นต้น จึงมีวิธีการบำบัดน้ำเสียทั้งหมดมี 3 วิธีดังนี้ มีการบำบัดทางกายภาพ การบำบัดทางเคมี และการบำบัดทางชีวภาพงานวิจัยของเราศึกษาการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพและทางชีวภาพ (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

โดยงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการกายภาพควบคู่กับชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยจะมีตัวกลางเพื่อให้จุลินทรีย์ แบคทีเรียได้ใช้ในการยึดเกาะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดให้ดียิ่งขึ้น โดยตัวกลางที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ไยกรองตู้ปลาชนิดหยาบ นอกจากจะให้จุลินทรีย์และแบคทีเรียยึดเกาะแล้ว ไยกรองตู้ปลายังสามารถกรองฝุ่น ผง ตะกอน ในน้ำ ยิ่งถ้าไยกรองตู้ปลาที่มีความหยาบมาก ประสิทธิภาพในการกรองจะดี ซึ่งไยกรองตู้ปลาชนิดหยาบนี้ เป็นทั้งกายภาพและชีวภาพในตัวกลางชนิดเดียว (วัสดุกรองชนิดต่างๆ, 2553) โดยการบำบัดจะมีการไหลเวียนของน้ำภายในถังบำบัดเพื่อให้ตะกอนและจุลินทรีย์กระจายตัวตลอดเวลา เพื่อป้องกันตะกอนตกลงก้นถัง และการไหลเวียนของน้ำจะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการช่วยบำบัดในครั้งนี้ด้วย โดยหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เติมมีทั้งต้องการอากาศและไม่ต้องการอากาศ ทำให้งานวิจัยนี้จะมีการทดสอบแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. น้ำเสียจากชุมชน ซอยเชื่อมสัมพันธ์31 แขวงโคกแฝด เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร เท่านั้น
2. ศึกษาตัวกลางที่ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะโดยจะใช้ ไยกรองตู้ปลาชนิดหยาบ
3. มีการไหลเวียนของน้ำตลอดเวลาโดยทำการติดตั้งปั้มน้ำภายในถังบำบัด
4. วัดพารามิเตอร์ดังนี้ พีเอช, ค่าการนำไฟฟ้า, ไขมันและน้ำมัน, ของแข็งละลายน้ำ, ของแข็งแขวนลอย, ไนโตรเจนทั้งหมด, ซีโอดีและบีโอดีเท่านั้น
5. เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการบำบัดแบบชีวภาพควบคู่กับกายภาพ

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการบำบัดแบบกายภาพควบคู่ชีวภาพ จะทำให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1. น้ำเสีย

#### 2.1.1. ความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึงน้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสารใด ๆ หรือสิ่งปฏิกูลที่ไม่พึงปรารถนาปนอยู่ การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเหล่านี้ จะทำให้ คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ สิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ น้ำมัน ไขมัน ผงซักฟอก สบู่ ยาฆ่าแมลง สารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเหม็นและเชื้อโรคต่างๆ (บริษัท โมเดิร์นทรีทแอนด์เทค จำกัด, 2558)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนสิ่งสกปรกในปริมาณสูง จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไปที่พบเห็น สิ่งเจือปนที่ทำให้น้ำกลายเป็นน้ำเสีย ได้แก่ สารอินทรีย์ต่างๆ กรด ด่าง ของแข็งหรือสารแขวนลอย และสิ่งที่ย่อยสลายอยู่ในน้ำ เช่น น้ำมัน ไขมัน เกลือและแร่ธาตุ ที่เป็นพิษ เช่น โลหะหนัก สารที่ทำให้เกิดฟอง ความร้อน สารพิษเช่น ยาฆ่าแมลง สี กลิ่น เป็นต้น (ชนิษฐา, 2550)

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่าน้ำเสียหมายถึงน้ำที่มีการปนเปื้อนจากสารต่างๆจนทำให้ น้ำเปลี่ยนสภาพกลายเป็นน้ำที่ไม่มีใครต้องการ ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไปที่พบเห็น

#### 2.1.2. ประเภทของน้ำเสีย (พีไท, 2559 )

ประเภทของน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

น้ำเสียจากชุมชน เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันของประชาชนในชุมชน โดยมีแหล่งกำเนิดมาจาก อาคารบ้านเรือน ร้านค้าพาณิชย์กรรม ตลาดสด ร้านอาหาร สถาบันการศึกษา สถานที่ราชการ โรงแรม โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ความสกปรกในชุมชนส่วนใหญ่เป็นอินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้โดยกระบวนการธรรมชาติ

น้ำเสียจากอุตสาหกรรม เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำล้างในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันตามประเภทของอุตสาหกรรม น้ำเสียอุตสาหกรรมบางแห่งอาจปนเปื้อนโลหะหนัก หรือสารประกอบที่ต้องอาศัยกระบวนการบำบัดที่ซับซ้อนกว่าน้ำเสียชุมชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเสียจากการเกษตร เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร เช่นน้ำเสียจากการล้างคอกสัตว์เลี้ยง เช่น คอกหมู คอกวัว เล้าไก่ น้ำเสียจากนาข้าว จากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง เป็นต้น โดยน้ำเสียจากเกษตรกรรมส่วนใหญ่จะปนเปื้อนสารเคมี ยาฆ่าแมลง หรือปุ๋ย

### 2.1.3. ลักษณะสำคัญของน้ำเสีย (นิเวศวิทยาแหล่งน้ำ, 2559)

ลักษณะของน้ำเสียแบ่งออกได้ 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพดังนี้

#### 2.1.3.1 ลักษณะของน้ำเสียทางกายภาพ ประกอบด้วย 6 ลักษณะ ดังนี้

##### 1. ลักษณะที่เป็นของแข็ง

- ของแข็งทั้งหมด (Total Solid : TS) คือ ปริมาณของแข็งหรือสารทั้งหมดที่อยู่ในน้ำ หาได้จากปริมาณสารที่ระเหย (evaporate) น้ำออกทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส
- ของแข็งจมตัวได้ (Settleable Solids) หมายถึง ของแข็งที่จมตัวสู่ก้นภาชนะ เมื่อตั้งทิ้งในเวลา 1 ชั่วโมง มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
- ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) หมายถึง ของแข็งที่สามารถผ่านกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน แล้วยังคงเหลืออยู่ หลังจากระเหยไอน้ำจนแห้ง แล้วอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส
- ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS) หมายถึง ส่วนของของแข็งที่เหลืค้างบนกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน หลังจากกรองน้ำตัวอย่างและอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส
- ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids : VS) หมายถึง ส่วนของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์วิเคราะห์โดยนำกระดาษกรองที่วิเคราะห์หาของแข็งที่แขวนลอยแล้ว หรือถ้วยกระเบื้องระเหยที่วิเคราะห์ของแข็งละลายทั้งหมด ไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของของแข็งที่ระเหยง่าย

2. อุณหภูมิ (Temperature) คือ ความร้อน-เย็นของน้ำ อุณหภูมิของน้ำจะสูงกว่าอุณหภูมิในบรรยากาศ ยกเว้นในฤดูร้อน อุณหภูมิของน้ำมีผลกระทบคือ มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ การเจริญเติบโตของสัตว์และพืชน้ำ มีผลต่อปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ซึ่งปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิสูง หรืออาจกล่าวได้ว่า อุณหภูมิ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวหนึ่ง มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำ โดยจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส และหยุดการเติบโตที่ 50 องศาเซลเซียส มีผลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ พบว่าออกซิเจนละลายในน้ำได้ 7.54 - 9.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิบรรยากาศ

3. สี (Color) : น้ำเสียขุ่นข้น ที่ปล่อยจากขุ่นข้นจะมีสีเทาปนน้ำตาลอ่อน เมื่อไม่มีการบำบัด จะเปลี่ยนเป็นสีเทาหรือสีดำ น้ำเสียจากอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่มีสีเทา เทาเข้ม หรือสีดำ ซึ่งเกิดจากพวกซัลไฟด์ของโลหะ อุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดสีในน้ำเสีย เช่น โรงงานกระดาษ โรงงาน

เอกสารที่เกี่ยวข้อง สีอาจเกิดจากสำหร่าย หรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำนั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความขุ่น (Turbidity) หมายถึง สมบัติทางแสงของสารแขวนลอยซึ่งทำให้แสงกระจาย และถูกดูดกลืนมากกว่าที่จะยอมให้แสงผ่านเป็นเส้นตรง ความขุ่นของน้ำเกิดจากมีสารแขวนลอยต่าง ๆ เช่น ดิน ดินตะกอน แผลงตอน สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่มีขนาดเล็ก

5. กลิ่นน้ำเสียชุมชน ในระยะแรกมีกลิ่นเหม็นอับ เนื่องจาก ซัลไฟด์ น้ำเสียอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเคมี ยา อาหาร กลิ่นเกิดจาก ฟีนอล แอมโมเนีย ไฮยาไนด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายที่ไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่น

6. การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) บอถึงความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิในขณะทำการวัด ไม่ได้เป็นการบอถึงไอออนตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะ สารประกอบอนินทรีย์ของกรด ต่าง และเกลือ สามารถนำไฟฟ้าได้ดี

### 2.1.3.2. ลักษณะของน้ำเสียทางเคมีประกอบด้วย 12 ลักษณะ ดังนี้

1. สารอินทรีย์ (Organic Matter) คือ สารที่ประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน (อาจมีออกซิเจน ไนโตรเจน และธาตุอื่น ๆ)

2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demanded : BOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วัน โดยแบคทีเรียที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่าบีโอดีให้เป็นตัวกำหนดขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียได้ เป็นค่าที่บอให้ทราบถึงปริมาณของออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

3. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ค่าซีโอดีมีความสำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับค่าบีโอดี

4. ทีโอซี (Total Organic Carbon : TOC) หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำ

5. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพน้ำและน้ำเสีย ควบคุมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต เพื่อไม่ให้เกิดการกัดกร่อนของท่อ เพื่อให้ในการควบคุมให้สารเคมีที่ใช้บำบัดน้ำเสียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปน้ำมีค่า pH อยู่ในช่วง 5-8 ค่า pH เป็นค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจนในน้ำ  $[H^+]$

6. คลอไรด์ เกิดจากบ้านพักอาศัย อุตสาหกรรม เช่น การผลิตเกลือ การผลิตแก้ว หรือจากการเกษตรกรรม เช่น การใช้ปุ๋ย สารฆ่าแมลง

7. ความเป็นด่าง (Alkalinity) เกิดขึ้นจากในน้ำมีสารไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต ของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม หรือแอมโมเนีย

8. ความกระด้าง (Hardness) หมายถึง น้ำที่ต้องการสบู่ค่อนข้างมาก จึงจะทำให้เกิดฟอง หรือน้ำทำให้เกิดตะกอน น้ำกระด้างมี 2 ชนิด คือ (1.) น้ำกระด้างชั่วคราว หรือน้ำกระด้าง

คาร์บอเนต (Carbonate Hardness)เกิดจากสารไบคาร์บอเนต ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) รวมตัวกับ  $\text{Ca}^{2+}$ หรือ  $\text{Mg}^{+}$  สามารถทำให้หายไปโดยการต้มและ (2.) น้ำกระด้างถาวรหรือความกระด้างที่ไม่ได้เกิดจากคาร์บอเนต เช่น เกิดจาก  $\text{SO}_4^{2-}\text{Cl}^-$  ของ  $\text{Ca}^{2+}$ หรือ  $\text{Mg}^{+}$  เช่น  $\text{MgSO}_4$   $\text{CaCl}_2$

9. ไนโตรเจน เป็นธาตุที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีน ธาตุไนโตรเจนในน้ำอยู่ในรูป สารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์ ไนเตรต ก๊าซไนโตรเจน ถ้ามีไนโตรเจนในแหล่งน้ำมาก ทำให้พืชน้ำมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

10. ฟอสฟอรัส ในน้ำสารฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) เช่นสาร  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  และ  $\text{H}_3\text{PO}_4$  นอกจากนี้ยังมีสารพอกโฟลีสฟอสเฟต

11. สารโลหะหนักชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของอุตสาหกรรม เช่น สารตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) แคดเมียม (Cd) สารหนู (As) เป็นต้น สารโลหะหนักยอมให้มิได้ในน้ำในปริมาณน้อยมาก แต่บางชนิดหากมีปริมาณไม่มากนักจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น สารทองแดง สังกะสี เป็นต้น

12. ก๊าซต่างๆที่ละลายในน้ำ

- ก๊าซออกซิเจน ( $\text{O}_2$ ) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ โดยทั่วไปไม่ควรต่ำกว่า 4 มก.ต่อลิตร ค่า DO เป็นตัวชี้ถึงปฏิกิริยาทางชีววิทยาในน้ำ การละลายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความดัน สิ่งเจือปนในน้ำ เช่น เกลือชนิดต่าง ๆ

- ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีกลิ่นคล้ายไข่เน่า มีความเป็นพิษไม่ติดไฟ เกิดขึ้นในการย่อยสลายในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน หากรวมตัวกับเหล็ก จะเกิดเป็นสีดำของซัลไฟด์ ( $\text{FeS}$ )

- ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ติดไฟได้ง่าย เกิดขึ้นในการย่อยสลายในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน

- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟ เมื่อละลายน้ำทำให้น้ำมีความเป็นกรดเล็กน้อย

### 2.1.3.3. ลักษณะของน้ำเสียทางชีวภาพ ประกอบด้วย 6 ลักษณะ ดังนี้

1. แบคทีเรีย (Bacteria) คือ จุลินทรีย์เซลล์เดียว มีขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า แบคทีเรียแบ่งตามแหล่งคาร์บอนที่ได้มาเพื่อการเจริญเติบโตได้ 2 ชนิดคือ (1.) ออโตโทรฟิกแบคทีเรีย (Autotrophic Bacteria หรือ Autotroph) เป็นแบคทีเรียที่สร้างอาหารได้เอง โดยได้คาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ และได้พลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือการออกซิเดชันของสารอินทรีย์ (2.) เฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย (Heterotrophic Bacteria หรือ Heterotroph) เป็นแบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง โดยได้คาร์บอนจากสารอินทรีย์ และได้พลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือการออกซิเดชันของสารอินทรีย์ แบคทีเรีย เป็นผู้ย่อยสลายในแหล่งน้ำ แบ่งตามช่วง

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตได้ ดังนี้ 3 ชนิด คือ (1.) ไซโครไฟล์ (Psychrophile) อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 12-18 องศาเซลเซียส (2.) เมโซไฟล์ (Mesophile) อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 25-40 องศาเซลเซียส และ (3.) เทอร์โมไฟล์ (Thermophile) อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 55-65 องศาเซลเซียส นอกจากนี้แบคทีเรียเมื่อแบ่งตามความต้องการออกซิเจน แบ่งได้ 3 ชนิดคือ (1.) แอโรบิกแบคทีเรีย (Aerobic Bacteria) คือ แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระเป็นองค์ประกอบในการเจริญเติบโต (2.) แอนแอโรบิกแบคทีเรีย (Anaerobic Bacteria) คือ แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระเป็นองค์ประกอบในการเจริญเติบโต และ (3.) แฟคัลเททีฟแบคทีเรีย (Facultative Bacteria) คือ แบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาพที่มี และไม่มีออกซิเจนอิสระ

2. รา (Fungi) เป็นจุลินทรีย์ที่มีหลายเซลล์ ไม่มีคลอโรฟิลล์ ราอาศัยอยู่ได้โดยไม่สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ รับอาหารจากสิ่งที่ย่อยแล้ว รามีความสำคัญในการย่อยสลายพวกคาร์บอนที่มีค่า pH ต่ำ (ที่เหมาะสมคือ 5.6) สามารถย่อยสลายสารที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ดีกว่าแบคทีเรีย รามีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเซลลูโลส หรือสารคาร์โบไฮเดรตได้ดี รามีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียบางระบบ เช่น ระบบโปรยกรอง

3. สาหร่าย (Algae) เป็นจุลินทรีย์ ที่มีทั้งเซลล์เดียวและหลายเซลล์ มีบทบาทสำคัญในการเป็นผู้ผลิต มีคลอโรฟิลล์ สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และมีความสำคัญในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ stabilization pond ซึ่งต้องมีออกซิเจนในบ่อน้ำ

4. โปรโตซัว (Protozoa) เป็นจุลินทรีย์เซลล์เดียว ไม่มีผนังเซลล์ มีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย อาศัยเจริญเติบโตได้ทั้งที่ไม่มีออกซิเจน หรือสภาวะทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน (facultatively anaerobic) เป็นผู้บริโภครวม โดยการกินแบคทีเรีย สารอินทรีย์ และจุลินทรีย์อื่น ๆ

5. โปรโตเฟอร์ เป็นสัตว์หลายเซลล์ อาศัยอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนอิสระ ใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอน มีประสิทธิภาพสูงในการกินแบคทีเรีย ถ้าพบโปรโตเฟอร์ในระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ออกซิเจน แสดงว่าระบบบำบัดน้ำเสียนั้นมีประสิทธิภาพดี

6. ไวรัส (Virus) เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็ก เป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ซึ่งมักเป็นโรคที่เกิดในระบบทางเดินอาหาร ไวรัสสามารถทำลายเซลล์ของแบคทีเรียได้

#### 2.1.4. การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไป หรือเหลือน้อยที่สุดให้ได้มาตรฐานที่กำหนดและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม น้ำเสียจากแหล่งต่างกันจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันดังนั้นกระบวนการบำบัดน้ำจึงมีหลายวิธี (นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม, 2559)

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปของท้องถิ่น ค่าลงทุนก่อสร้างและค่าดำเนินการดูแลและบำรุงรักษา และขนาดของที่ดินที่ใช้ในการ ก่อสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกมีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่น ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้ตามกลไกที่ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่าการบำบัดน้ำเสียหมายถึงการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่มากับน้ำเสียให้หมดไปหรือให้เหลือน้อยที่สุดจนอยู่ในค่าเกณฑ์มาตรฐานก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำหรือนำกลับมาใช้ประโยชน์

### 2.1.5. ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย (บริษัท โมเดิร์นทรีทแอนด์เทค จำกัด, 2558)

ประเภทของการบำบัดน้ำเสียสามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) : เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวด ทราย ไขมันและน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังตกตะกอน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก

2. การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) : เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ ค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป และมีเชื้อโรค ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

3. การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) : เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพหรือจุลินทรีย์ ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักการทางชีวภาพ ได้แก่ ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ (Activate Sludge, AS) ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD) ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Stabilization Pond) ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) และ ระบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter, AF) เป็นต้น

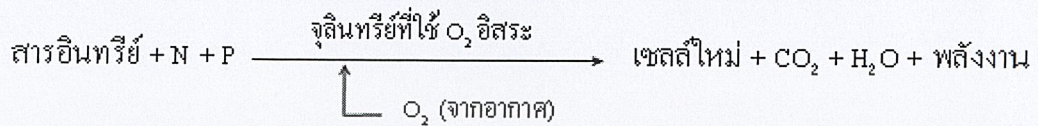
## 2.2. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ (ด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม, 2548)

### 2.2.1. กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน

เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องอาศัยออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) หรือ ออกซิเจนอิสระ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) สามารถจำแนกได้เป็น 2 ขั้นตอน ตามลำดับดังนี้ คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนักเรียนไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 : เป็นกระบวนการนำสารอินทรีย์หรือสารอาหารเข้าไปในเซลล์ โดยจุลินทรีย์จะส่งเอนไซม์ (enzyme) ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มาเกาะติดที่ผนังเซลล์เพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสารโมเลกุลเล็กที่จะสามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้

ขั้นตอนที่ 2 : เป็นกระบวนการทางชีวเคมีภายในเซลล์จุลินทรีย์ เพื่อที่จะผลิตพลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ และการสร้างเซลล์ใหม่ โดยเขียนอยู่ในรูปของสมการโดยรวมได้ ดังนี้



เมื่อสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกเปลี่ยนรูปมาเป็นจุลินทรีย์เซลล์ใหม่ จะรวมตัวกันเป็นฟล็อก (biological flocculation) ก็จะมีน้ำหนักมากขึ้น และแยกออกจากน้ำเสียได้ง่ายด้วยการตกตะกอน กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ จำแนกได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ

1. ระบบบำบัดที่จุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในระบบ (suspended system) เช่น บ่อแอโรบิก (Aerobic Pond) บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) เป็นต้น

2. ระบบบำบัดที่จุลินทรีย์เกาะติดผิวตัวกลาง หรือระบบฟิล์มตรึง (fixed film system) เช่น ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) และระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor) เป็นต้น

### 2.2.2. กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน

กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ (anaerobic wastewater treatment) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยจุลินทรีย์จะอาศัยสารประกอบอื่นเป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) หรือออกซิเจนอิสระ

กลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศหรือออกซิเจน สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน ตามลำดับดังนี้

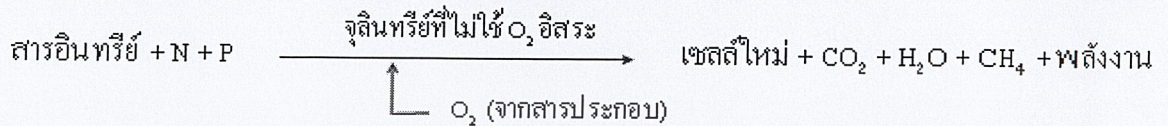
ขั้นตอนที่ 1 : เป็นกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) โดยเอนไซม์ (enzyme) ที่ถูกส่งออกมาจากเซลล์ เพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นสารโมเลกุลเล็ก

ขั้นตอนที่ 2 : เป็นกระบวนการสร้างกรด (acidogenesis) โดยแบคทีเรียสร้างกรด ซึ่งจะเปลี่ยนผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในขั้นตอนที่ 1 ไปเป็นกรดไขมันระเหย (volatile fatty acid; VFA)

ขั้นตอนที่ 3 : เป็นกระบวนการสร้างกรดอะเซติกจากกรดไขมันระเหย (acetogenesis) โดยแบคทีเรียกลุ่มอะซิโตเจนิค (acetogenic bacteria) จะเปลี่ยนกรดไขมันระเหย ไปเป็นผลผลิตสำคัญในการสร้างก๊าซมีเทน ได้แก่ กรดอะเซติก กรดฟอร์มิก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน

ขั้นตอนที่ 4 : เป็นกระบวนการสร้างมีเทน (methanogenesis) โดยผลผลิตที่ได้จากแบคทีเรียสร้างกรดในขั้นตอนที่ 3 จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียกลุ่มสร้างมีเทน

(methanogenic bacteria) แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทนนี้ แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ชนิดแรก คือ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน (hydrogenotrophic bacteria) โดยได้คาร์บอนมาจากคาร์บอนไดออกไซด์และได้พลังงานจากไฮโดรเจน ชนิดที่สอง คือ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากกรดอะซิติก (acetotrophic bacteria) ซึ่งใช้อะซิเตตเป็นตัวรับอิเล็กตรอน และใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการโดยรวมได้ ดังนี้



จากกลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศทั้ง 4 ขั้นตอน สรุปได้ว่า ในกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศอาศัยการทำงานของแบคทีเรีย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่สร้างกรด และกลุ่มที่สร้างมีเทน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องรักษาสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม หากการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มหนึ่งเปลี่ยนไป ก็จะมีผลต่อการทำงานของแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งและประสิทธิภาพโดยรวมของระบบได้ ตัวอย่างเช่น กรณีที่ระบบได้รับสารอาหารหรือปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดก็จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น มีการสร้างกรดอินทรีย์และผลผลิตต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทนซึ่งมีความสามารถในการเจริญเติบโตต่ำกว่า ไม่สามารถย่อยสลายกรดอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นได้ทัน ก็จะมีปริมาณกรดอินทรีย์สะสมเพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าระบบไม่มีกำลังบัฟเฟอร์เพียงพอ ค่า pH ของระบบที่ลดลงก็จะไปมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทน จนอาจทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง หรือการทำงานของระบบล้มเหลวได้ในที่สุด

กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทหลัก เช่นเดียวกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ คือ

1. Suspended system เช่น บ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic Pond) ถังย่อยแบบธรรมดา (Anaerobic Digester) ถังย่อยแบบสัมผัส (Anaerobic Contact) เป็นต้น
2. fixed film system เช่น ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) ระบบชั้นลอยตัวไร้ออกซิเจน (Anaerobic Fluidized Bed) เป็นต้น

## 2.3. จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย (ภูมิปัญญาอภิวัดน์, 2559)

### 2.3.1. จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย

คือ ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการหมักจากแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์หลายชนิด ซึ่งสามารถรีไซเคิลของเสียอินทรีย์ในการนำกลับมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย สามารถกำจัดกลิ่นแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) กลิ่นภายในและสิ่งแวดล้อมโดยรอบแหล่งที่อยู่อาศัย ไม่รวมถึงสถานที่เลี้ยงสัตว์ด้วยแบคทีเรียในจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียได้พิสูจน์โดย FDA แล้วว่าไม่มี

อันตราย และประกอบด้วย แบคทีเรียกรดแลคติก ยีสต์ บาซิลลัส ซับติลิส แอคติโนไมซิส แบคทีเรียเส้นใย แบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจน และแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสง โดยส่วนใหญ่เป็นชนิดที่สร้างสปอร์ ประกอบด้วยแบคทีเรียบางชนิดที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจากระบบการย่อยอาหารของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งมีความต้านทานต่อความร้อน นํ้าย่อยในกระเพาะ และกรดน้ำดี นอกจากนี้แบคทีเรียยังส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งสามารถดกกลืนตามธรรมชาติโดยไม่ต้องใช้สารเคมี

### 2.3.2. จุลินทรีย์ที่สำคัญ

1. แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photosynthetic bacteria)
2. ยีสต์ (Yeast)
3. แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria)
4. แอคติโนไมซีส แกรมบวก (Gram positive Actinomyces)
5. กลุ่มเชื้อราเส้นใย ( Filamentous fungi group)
6. บาซิลลัสซับติลิส (Bacillus subtilis.)

จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย 1 มิลลิลิตร ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ไม่น้อยกว่า  $3 \times 10^{10}$  cfu.

### 2.3.3. ประสิทธิภาพ

1. ของเสียจากครัวเรือนจัดเป็นชนิดที่มีสารอินทรีย์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก การกำจัดของเสียจากครัวเรือนด้วย จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย สามารถรีไซเคิลของเสียให้กลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่อินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช และยังช่วยลดกลิ่นของสารอินทรีย์ที่เกิดจากแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) และกรดไขมันบางชนิดได้อีกด้วย

2. จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย จะเข้าไปแข่งขันแย่งสารอาหารกับแบคทีเรียที่ก่อโรคในดินและของเสียในสิ่งแวดล้อม และผลิตกรดอินทรีย์ซึ่งระงับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อโรค ดังนั้น จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย สามารถที่จะใช้ได้กับพื้น ผืนนํ้าในห้องครัวภายในบ้าน ห้องครัวของร้านอาหารห้องนํ้าสาธารณะ และลดการเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

3. นอกจากนี้ยังช่วยบรรเทากลิ่นแล้วยังสามารถช่วยให้สิ่งแวดล้อมถูกอนามัย และลดจำนวนยุง แมลงวัน และแมลงสาบ ซึ่งเป็นผลมาจาก เชื้อแอคติโนไมซิสที่ประกอบอยู่ในจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย

4. เมื่อนํ้ามันถูกใช้หมดไป จึงทำให้ประเทศในแถบยุโรป ญี่ปุ่น เกาหลี แคนาดา และสหรัฐอเมริกา ให้ความสนใจเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาสารชีวมวลเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนมากขึ้น ของเสียจากครัวเรือน เศษไม้ พืชผลและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร อุตสาหกรรมปศุสัตว์ และหนองบึงที่มีแก๊สธรรมชาติเกิดขึ้น และนํ้าเสียจากอุตสาหกรรมกระดาษ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นแหล่งของสารชีวมวล จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หลายชนิดเจริญเติบโตอยู่ร่วมกันเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมาก ซึ่งสามารถย่อยสลายโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่พบในสารชีวมวลได้อย่างรวดเร็ว จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย

### 2.3.4. การใช้และปริมาณการใช้

การใช้จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย สามารถปรับอัตราส่วนได้ตามความเหมาะสมตามชนิด ของสิ่งปฏิกูล ดังนี้

1. โรงฆ่าสัตว์ ผสม 3 ลิตรต่อเศษอินทรีย์ที่เป็นของเหลว 1 ตัน และ ให้หมักทิ้งไว้ 1 เดือน เพื่อที่จะเปลี่ยนกรดอะมิโนในของเสียให้ไม่มีอันตราย
2. กระบวนการผลิตน้ำตาลและแอลกอฮอล์ ผสม 2 ลิตรต่อเศษอินทรีย์ 1 ตัน และให้หมักทิ้งไว้ 14 วันเพื่อที่จะลดค่า B.O.D. จากค่าเริ่มต้น 10,000 ppm เหลือ 225 ppm
3. ของเสียจากร้านอาหารและครัวเรือน อุตสาหกรรมปศุสัตว์ เศษไม้ และของเสียจากการเกษตร หลังจากปรับอัตราส่วนคาร์บอน ต่อ ไนโตรเจนได้ เหมาะสมแล้ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 42 ° C แล้วผสม จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย ใน อัตราส่วน 5 ลิตรต่อ 1 ตันของเสีย (เช่น สารชีวโมเลกุล) และกวนอย่างสม่ำเสมอ
4. ห้องน้ำในบ้านและห้องน้ำสาธารณะ : เจือจาง 50 เท่า และฉีดพ่นลง บนโถส้วมที่สกปรก ห้องน้ำและคราบเปื้อนบนกระเบื้อง เพื่อที่จะลดกลิ่นตาม ธรรมชาติและกลิ่นของสารประกอบอื่น

### 2.3.5. การเก็บรักษา

จำนวนแบคทีเรียที่มีประโยชน์จะลดลง ตามระยะเวลาการเก็บ เพราะฉะนั้นเมื่อเปิดผลิตภัณฑ์แล้ว ควรใช้ทันที และเก็บให้พ้นจากแสงแดด

## 2.4. ตัวกลางที่ใช้ยัดเกาะ

### 2.4.1. วัสดุกรองในตู้ปลา (วัสดุกรองชนิดต่างๆ, 2553)

แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆด้วยกัน คือ

2.4.1.1. กรองกายภาพ มีหน้าที่ในการดักจับเศษตะกอน ฟันผง เศษอาหาร ทำให้น้ำใสขึ้น วัสดุกรองประเภทนี้ได้แก่ ใยแก้ว ใยกรองหยาบ ใยกรองละเอียด รวมถึงไบโอบอลด้วย ซึ่งไบโอบอลนั้น มีหลายแบบ ไบโอบอลหน้าที่หลักในการกักเก็บเศษตะกอน เศษอาหารขนาดใหญ่ เพิ่มการกระจายน้ำในระบบกรองทำให้ออกซิเจนหมุนเวียนในระบบมากขึ้น และบางชนิดก็ทำมาให้มีรูพรุน เพื่อให้เป็นที่อยู่ของแบคทีเรีย ก็ก็ยังไม่ได้เท่ากับวัสดุกรองชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 วัสดุกรองกายภาพ

ที่มา : <http://www.pantown.com/board.php?id=56629&area=4&name=board48&topic=9&action=view>

2.4.1.2. กรองเคมีและสารแขวนลอยต่างๆที่เราไม่ต้องการ เช่น คลอรีน แอมโมเนีย โลหะหนักต่างๆ วัสดุกรองประเภทนี้ได้แก่ คาร์บอน เรซิน เป็นต้น ซึ่งวัสดุเหล่านี้อยู่ในเครื่องกรองน้ำทั่วไป



รูปที่ 2.2 วัสดุกรองแบบเคมี

ที่มา : <http://www.pantown.com/board.php?id=56629&area=4&name=board48&topic=9&action=view>

2.4.1.3. กรองชีวภาพ กรองประเภทนี้ทำหน้าที่สลายพิษที่มาจากของเสียปลา ซึ่งของเสียที่ว่านี้ก็คือ "ซี้" ถ้ามีซี้ปลาอยู่ในน้ำ จะทำให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อปลา จึงต้องมีระบบกรองชีวภาพขึ้นมาเพื่อจะกำจัดของเสียที่อยู่ในน้ำ โดยคุณสมบัติของการกรองชนิดนี้คือ ใช้เป็นที่อยู่อาศัยของแบคทีเรียและแบคทีเรียที่ว่านี้จะค่อยๆเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เพื่อช่วยกำจัดสารพิษทำให้น้ำสะอาดมากขึ้นการกรองชีวภาพประกอบไปด้วยดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

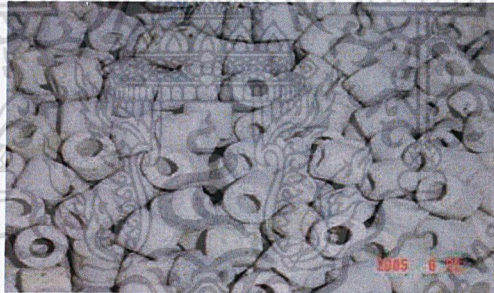
2.4.1.3.1. หินพัมมิส หรือ หินภูเขาไฟ เป็นหินลาวาที่มีการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดรูพรุนมากมายในเนื้อหิน มีความเบา(ลอยน้ำในช่วงแรกแต่พอแช่น้ำไปนานๆจะจมลง) มีพื้นที่สัมผัสสูง เป็นที่อยู่ของแบคทีเรียได้เป็นอย่างดี หินพัมมิสนั้นมีค่าเป็นกลาง จึงไม่เปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำภายในตู้ ใช้งานง่ายเพียงแคใส่ลงในอุ้งตาข่ายจากนั้นนำไปล้างน้ำ โดยให้น้ำไหลผ่านหลายๆน้ำ ก็สามารถนำมาใช้งานได้ แต่เมื่อใช้ไปในเวลานานๆอาจจะมียาสลายตัวกลายเป็นเศษผง



รูปที่ 2.3 หินพัมมิส

ที่มา : <http://www.pantown.com/board.php?id=56629&area=4&name=board48&topic=9&action=view>

2.4.1.3.2. เซรามิกริงแบบรูพรุน เป็นวัสดุสังเคราะห์ที่ทำขึ้นมาให้มีรูพรุน เพื่อใช้เป็นที่อยู่ของแบคทีเรีย มีคุณสมบัติเป็นกลาง ไม่ทำให้ค่า pH เปลี่ยน นอกจากทำหน้าที่เป็นกรองชีวภาพแล้ว ยังมีหน้าที่กระจายน้ำเพื่อกระจายออกซิเจนได้



รูปที่ 2.4 เซรามิกริงแบบรูพรุน

ที่มา : <http://www.pantown.com/board.php?id=56629&area=4&name=board48&topic=9&action=view>

2.4.1.3.3. เศษปะการังเป็นวัสดุกรองที่มีรูพรุน มีน้ำหนัก ใช้งานควรล้างน้ำมากๆ มีคุณสมบัติเป็น pH buffer ทำให้น้ำกระด้างขึ้น ค่า pH สูงขึ้นได้ปัจจุบันห้ามใช้เพื่อช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมทางทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 เศษปะการัง

ที่มา : <http://www.pantown.com/board.php?id=56629&area=4&name=board48&topic=9&action=view>

2.4.1.3.4. อะควาเคลย์ (Aquaclay) ผลิตจากวัตถุดิบจากธรรมชาติทางตอนใต้ของประเทศเยอรมัน โดยเป็นดินที่มีอายุมากกว่า 150 ล้านปี นำมาผ่านกรรมวิธีต่างๆ และเผาที่ความร้อนสูงถึง 1200 องศาเซลเซียส มีรูพรุนสูงทำให้มีพื้นที่สูงถึง 280 ตารางเมตร ที่ซึ่งแบคทีเรียจะสร้างอาณาจักร และทำการย่อยสลายแอมโมเนีย, ไนโตรท และไนเตรท Aquaclay ถูกผลิตมาเป็นเม็ดกลม ซึ่งการวิจัยได้ชี้ว่าวัสดุกรองทรงกลมจะให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัด เนื่องจากพื้นผิวเปิดรับกับการไหลของน้ำอย่างไม่จำกัด และง่ายต่อการทำความสะอาด ไม่ทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลง ไม่ทำให้น้ำกระด้าง มีคุณสมบัติของดินครบถ้วน ทำให้ปลารับรู้ถึงสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (เนื่องจากผลิตจากดินและถูกนำมาเผาในอุณหภูมิที่สูง ดังนั้นการใช้บางลักษณะอาจทำให้น้ำในตู้ปลาที่มีอุณหภูมิต่ำต่ำกว่าที่เคยใช้วัสดุกรองเดิม อันเนื่องมาจากการคายความร้อนและการรักษาความเย็นในตัวเอง) เหมาะสำหรับระบบการบำบัดแบบต่างๆ และมีขนาดให้เลือกตามต้องการ Aquaclay มีรูพรุนจำนวนมาก ที่จะทำให้แบคทีเรียอาศัยอยู่ โดยภายในเม็ดกลมของ Aquaclay จะเป็นที่อยู่อาศัยที่มีคุณสมบัติเฉพาะสำหรับ Anaerobic bacteria ที่จะสลาย ไนเตรท แต่ภายนอกประกอบไปด้วยรูพรุนจำนวนมากซึ่งจะเป็นที่อยู่ของ Aerobic bacteria จะเปลี่ยนสภาพของ แอมโมเนีย และไนโตรทไปเป็นไนเตรท



รูปที่ 2.6 อะควาเคลย์

ที่มา : <http://www.pantown.com/board.php?id=56629&area=4&name=board48&topic=9&action=view>

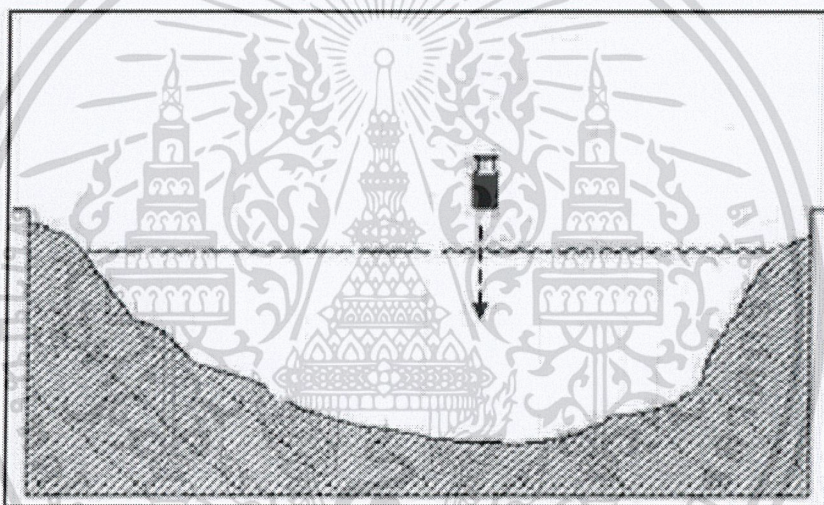
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การสงวนลิขสิทธิ์เพื่อประโยชน์ของผู้ที่พิมพ์เผยแพร่จะขอสงวนสิทธิ์การคัดลอก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่พิมพ์ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5. การเก็บตัวอย่างน้ำ

### 2.5.1. วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

#### 2.5.1.1. การเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling)

เป็นการเก็บตัวอย่างครั้งเดียวที่จุดเดียวในเวลาใดเวลาหนึ่งแล้วนำมาวิเคราะห์ซึ่งจะเป็นผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ณ จุดนั้นและในเวลานั้นเท่านั้น การเก็บตัวอย่างแบบนี้จะทำให้ทราบถึงลักษณะสมบัติของแหล่งน้ำเฉพาะจุดและทำให้เห็นความผันแปรของลักษณะสมบัติและคุณภาพน้ำในจุดต่างๆ ได้อย่างชัดเจนการเก็บตัวอย่างแบบจ้วงในแม่น้ำลำธารให้เก็บที่กึ่งกลางความกว้างและความลึกของลำน้ำส่วนในแหล่งน้ำนิ่งให้เก็บกึ่งกลางความลึกของจุดเก็บน้ำนั้นๆ ตัวอย่างการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงแสดงดังรูปที่ 2.7

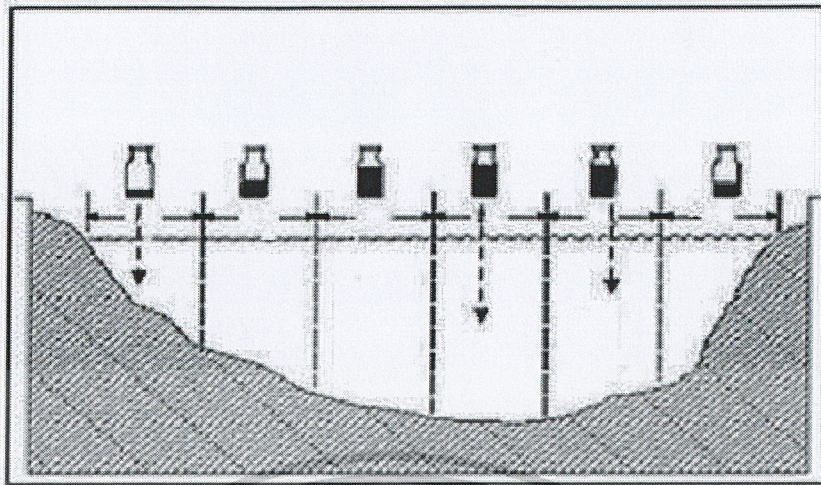


รูปที่ 2.7 การเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

#### 2.5.1.2. การเก็บตัวอย่างแบบผสมรวม (Composite Sampling)

เป็นการเก็บตัวอย่างแบบผสม โดยการเก็บตัวอย่าง ณ จุดเดียวกัน แต่เวลาต่างกัน เช่น เก็บทุกชั่วโมงในเวลา 2 ชั่วโมงหรือทุก 3 ชั่วโมงในเวลา 1 วันแล้วนำมารวมกันการเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้เพื่อทราบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาหรือเป็นการเก็บตัวอย่าง ณ เวลาเดียวกันแต่หลายจุดและนำมาผสมกันซึ่งจะใช้ในกรณีของแม่น้ำหรือแหล่งน้ำที่มีความแตกต่างในแนวหน้าตัดทั้งตามความยาวและความลึกของแหล่งน้ำส่วนมากจะใช้วิธีนี้ในกรณีการเก็บน้ำทิ้งจากท่อระบายน้ำทิ้งหรือกรณีของแม่น้ำหรือแหล่งน้ำนั้นมีคุณสมบัติไม่สม่ำเสมอ และการเก็บตัวอย่างแบบนี้นิยมใช้กับการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่มีปริมาณและลักษณะของน้ำเสียแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาตัวอย่างการเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวมในแหล่งน้ำแสดงดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ว่าห้ามแก้ไขข้อมูลเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวม (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

### 2.5.2. จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (เทคนิคและวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ, 2559)

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ได้เป็นตัวแทนของน้ำทั้งหมดจะต้องคำนึงถึงจุดเก็บตัวอย่างด้วยซึ่งระบบน้ำบางระบบอาจเอื้ออำนวยให้สามารถเก็บตัวอย่างจากจุดเก็บเพียงจุดเดียวสองจุดหรือสามจุด บางระบบอาจต้องมีการเก็บตัวอย่างน้ำหลายๆจุดให้ครบเพื่อให้สามารถนำผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำนั้นมาแสดงและกำหนดลักษณะของระบบนั้นได้สิ่งที่ควรพิจารณาและควรปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำแต่ละประเภทได้แก่

#### 1. น้ำผิวดินแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1.1. แหล่งน้ำไหลได้แก่แม่น้ำลำธารห้วยคลองสิ่งที่ควรทราบคือความลึกของแหล่งน้ำ (โดยใช้ลูกตุ้มถ่วงวัด) และอัตราการไหลของแหล่งน้ำในกรณีที่เก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) ไม่ควรเก็บใกล้ฝั่งให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความกว้างของแหล่งน้ำและที่ระดับกึ่งกลางความลึกยกเว้นการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจหาแบคทีเรียและป๊อติให้เก็บที่ระดับความลึกประมาณ 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำ และเก็บตัวอย่างบริเวณเหนือและใต้จุดที่เกิดมลพิษหรือได้รับการปนเปื้อนโดยห่างออกไปประมาณ 1 กิโลเมตรในกรณีที่เก็บแบบผสมรวม (Composite Sampling) ต้องมีการวางแผนให้ตัวอย่างจุดเก็บควรอยู่ห่างจากฝั่งเท่าใด

1.2. แหล่งน้ำนิ่งได้แก่หนองบึงอ่างเก็บน้ำทะเลสาบไม่ควรเก็บใกล้ฝั่งเช่นเดียวกันให้เก็บที่ระดับความลึก 1 เมตร (สำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกเกินกว่า 2 เมตร) หรือให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความลึก (สำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 2 เมตร) ยกเว้นการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจหาแบคทีเรียให้เก็บที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำ

2. น้ำใต้ดินได้แก่น้ำบ่อน้ำบาดาลที่มีปั๊มมือหรือสูบลูกวิธีวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำต้องสูบน้ำขึ้นมาก่อนจนกว่าระดับของการปั๊มคงที่แล้วค่อยปล่อยให้ไหลทิ้งประมาณ 3-5 นาทีจากนั้นจึงนำขวดไปรองรับตัวอย่างน้ำและระวังอย่าให้ปากขวดสัมผัสกับปากปั๊มแต่หากบ่อน้ำติดปั๊มอัตโนมัติต้องเก็บตัวอย่างที่ปลายเส้นท่อหรือก๊อก

3. น้ำประปาการเก็บตัวอย่างน้ำจากก๊อกประปาควรเลือกก๊อกที่ต่อโดยตรงจากท่อหลัก (Main Pipe) มายังท่อบริการ (ไม่ควรเก็บจากก๊อกที่ไหลมาจากถังในตัวอาคารซึ่งเป็นถังที่มีการกักเก็บน้ำไว้บนดาดฟ้าก่อนแล้วจึงปล่อยลงมาใช้) การเก็บตัวอย่างควรใช้สำลีสบูแอลกอฮอล์ทำความสะอาดก๊อกน้ำก่อนแล้วเปิดก๊อกให้น้ำไหลทิ้งประมาณ 3-5 นาทีเพื่อให้น้ำที่ค้างตามท่อไหลทิ้งให้หมดจากนั้นจึงนำขวดไปรองรับตัวอย่างน้ำได้

ในกรณีเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจหาแบคทีเรียต้องเติมสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 10 % จำนวน 0.1 มิลลิลิตรต่อตัวอย่างน้ำ 150 มิลลิลิตรลงในขวดเก็บตัวอย่างก่อนเพื่อกำจัดคลอรีนอิสระ (Residual Chlorine) และใช้สำลีสบูแอลกอฮอล์ทำความสะอาดบริเวณปลายก๊อกทั้งภายในและภายนอกแล้วนำโพลนปลายก๊อกประมาณ 5 นาทีและปล่อยน้ำไหลทิ้งประมาณ 2-3 นาทีจากนั้นจึงนำขวดไปรองรับตัวอย่างน้ำได้ขอควรระวังอย่าให้ปากขวดสัมผัสกับปลายก๊อกหรือสิ่งอื่นๆ ได้เพราะจะทำให้เกิดการปนเปื้อนได้

4. น้ำเสียชุมชนให้เก็บตัวอย่างน้ำจากปลายท่อระบายน้ำเสียหรือบ่อตรวจการระบายหรือจากบ่อสูบ

5. น้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงบำบัดน้ำเสียควรเก็บตัวอย่าง ณ จุดที่น้ำเข้าระบบบำบัด (Influent) จุดน้ำออกจากระบบบำบัด (Effluent) และอาจเก็บแบบผสมรวม (Composite Sampling) ก็ได้เพราะน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมมักมีคุณลักษณะที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากกิจกรรมของโรงงานซึ่งถ้าเป็นโรงงานขนาดเล็กอาจเก็บหลายชั่วโมงหรือตามการทำงานเป็นกะก็ได้ แต่ถ้าเป็นโรงงานขนาดใหญ่ต้องเก็บให้ครบ 24 ชั่วโมงและหากจุดน้ำเข้าและจุดน้ำออกจากระบบบำบัดเป็นท่อให้เก็บตัวอย่างน้ำที่จุดกึ่งกลางของความสูงของน้ำในท่อซึ่งเป็นจุดที่น้ำมีอัตราการไหลสูงสุด

### 2.5.3. ข้อปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างน้ำ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2559)

การเก็บตัวอย่างน้ำโดยทั่วไปมีข้อที่ควรปฏิบัติดังนี้

1. ก่อนเก็บตัวอย่างต้องใช้ตัวอย่างน้ำกลั้ว (Rinse) ขวดเก็บตัวอย่างก่อนสัก 2-3 ครั้งแล้วจึงบรรจุตัวอย่างน้ำใส่ในขวดเก็บตัวอย่างยกเว้นพารามิเตอร์บางชนิดไม่ต้องใช้ตัวอย่างน้ำกลั้ว (Rinse) ได้แก่ขวดเก็บตัวอย่างน้ำที่ต้องการวิเคราะห์หาสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ซึ่งล้างด้วยอะซิโตนและเฮกเซนมาแล้วและขวดเก็บตัวอย่างที่ต้องการตรวจหาแบคทีเรียซึ่งอบฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมาแล้ว

2. การเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับพารามิเตอร์บางชนิดเช่นน้ำมันและไขมัน (Grease & Oil) ไนเตรท ( $\text{NO}_3$ ) และฟอสเฟต (TP) ไม่ควรบรรจุตัวอย่างน้ำเต็มขวดต้องเหลือที่ว่างไว้ประมาณ 1 นิ้วสำหรับเติมสารเคมีรักษาสภาพยกเว้นตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์บีโอดี (BOD) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ความเป็นด่าง (Alkalinity) และความเป็นกรด (Acidity) ต้องเก็บตัวอย่างน้ำเต็มขวดและปิดฝาให้สนิทเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้อากาศที่เหลืออยู่บนผิวน้ำละลายเข้าไปในตัวอย่างซึ่งจะ

เอกสารเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในตัวอย่างและจะทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง  
 ไม่ได้ คุ้มใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขวดเก็บตัวอย่างต้องปิดฝาอยู่ตลอดเวลาเมื่อจะเก็บตัวอย่างน้ำจึงเปิดและวางฝาขวดให้หงายขึ้นอย่างวางคว่ำลงบนพื้นเพราะจะทำให้เกิดการปนเปื้อนได้และเมื่อบรรจุตัวอย่างน้ำลงในขวดเรียบร้อยแล้วควรปิดฝาขวดให้แน่นและอาจนำเทปมาพันรอบคอขวดด้วยในกรณีที่ต้องขนส่งตัวอย่างน้ำในระยะทางไกล

## 2.6. พารามิเตอร์

### 2.6.1. อุณหภูมิ (ศูนย์วิจัยและการส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่, 2556 )

อุณหภูมิและอุณหภูมิอากาศ มีความสัมพันธ์กันโดยตรง และเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของออกซิเจนจะลดลง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จะบ่งบอกถึงความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ค่า DO เป็นปัจจัยที่บอกถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยา อัตราการเกิด oxidation ทางชีววิทยา จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและความต้องการ  $O_2$  ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยการละลายและการอิมตัวของ  $O_2$  ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยการละลายและการอิมตัวของ  $O_2$  จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่ง  $O_2$  ละลายน้ำได้สูงสุด 8 mg/l การละลายของออกซิเจนเป็นปัจจัยหลักต่อขีดจำกัดของความสามารถในการ purification ของแหล่งน้ำธรรมชาติ อัตราการละลายของออกซิเจนที่มีเกลือเจือปนจะน้อยกว่าน้ำสะอาดและเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เพราะฤดูกาลเปลี่ยน อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงส่งผลให้อุณหภูมิน้ำเปลี่ยน ค่า DO เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิน้ำ

### 2.6.2. พีเอช (นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม, 2559)

pH แสดงความเป็นกรดหรือเบสของน้ำ ( น้ำดื่มควรมีค่า pH ระหว่าง 6.8-7.3) โดยทั่วไปน้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ที่ต่ำ ( $PH < 7$ ) ซึ่งหมายถึงมีความเป็นกรดสูงมีฤทธิ์กัดกร่อน การวัดค่า pH ทำได้ง่าย โดยการใช้กระดาษลิตมัสในการวัดค่าความเป็นกรด – เบส ซึ่งให้สีตามความเข้มข้นของ  $[H^+]$  หรือการวัดโดยใช้ pH meter เมื่อต้องการให้มีความละเอียดมากขึ้นสภาพเบส (alkalinity) คือสภาพที่น้ำมีสภาพความเป็นเบสสูงจะประกอบด้วยไอออนของ  $OH^-$ ,  $CO_3^-$ ,  $H_2CO_3$  ของธาตุแคลเซียม โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม หรือแอมโมเนีย ซึ่งสภาพเบสนี้จะช่วยทำหน้าที่คล้ายบัฟเฟอร์ด้านการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในน้ำทั้ง สภาพกรด (acidity) โดยทั่วไปน้ำที่มาจากแหล่งชุมชนจะมีบัฟเฟอร์ในสภาพเบสจึงไม่ทำให้น้ำมีค่า pH ที่ต่ำเกินไป แต่น้ำที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 ซึ่งมาจาก  $CO_2$  ที่ละลายน้ำ

### 2.6.3. ค่าการนำไฟฟ้า(ส่วนวิชาการคุณภาพน้ำกองแผนคุณภาพน้ำ ฝ่ายคุณภาพน้ำ การประปา นครหลวง, 2557)

เป็นวิธีวัดความสามารถของน้ำในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดจากมีอยู่ของสารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แอนไอออนของคลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต และฟอสเฟต (แอนไอออนคือไอออนที่มีประจุลบ) หรือ แคทไอออนของโซเดียม แมกนีเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม (แคทไอออนคือไอออนที่มีประจุบวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบอินทรีย์ เช่น น้ำมัน ฟีนอล แอลกอฮอล์ และน้ำตาล นำไฟฟ้าได้ไม่ดีนักและมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าเมื่อละลายอยู่ในน้ำ การนำไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอีกด้วยถ้าอุณหภูมิสูงค่าการนำไฟฟ้าก็จะยิ่งมากขึ้น ด้วยเหตุผลเหล่านี้เองจึงรายงานค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้การนำไฟฟ้าในแหล่งน้ำนั้น ยังได้รับผลกระทบโดยตรงจากลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ที่แหล่งน้ำนั้นไหลผ่านอีกด้วยโดยน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หินแกรนิตมักจะมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ เพราะหินแกรนิตประกอบด้วยสารที่ไม่แตกตัวเป็นไอออนและน้ำที่ไหลผ่านชั้นดินจะมีการนำไฟฟ้าที่สูงเพราะว่ามีสารประกอบที่แตกตัวเป็นไอออน

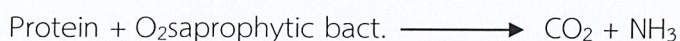
น้ำทิ้งที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำอาจส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของน้ำทิ้งนั้น ความล้มเหลวของการจัดการระบบท่อน้ำทิ้งจะส่งผลให้การนำไฟฟ้ามีค่าสูงเนื่องจากในน้ำทิ้งมีคลอไรด์ ฟอสเฟต และไนเตรต ส่วนการปนเปื้อนของน้ำมันจะส่งผลให้การนำไฟฟ้ามีค่าต่ำ

หน่วยพื้นฐานที่ใช้วัดการนำไฟฟ้า คือ โมห์ (mho) หรือ ซีเมนส์ (siemens) ค่าการนำไฟฟ้าวัดเป็นไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ( $\mu\text{mhos/cm}$ ) หรือ ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ( $\mu\text{s/cm}$ ) น้ำกลั่นมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.5 - 3  $\mu\text{mhos/cm}$  แม่น้ำในประเทศสหรัฐอเมริกาส่วนใหญ่มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 50 - 1,500  $\mu\text{mhos/cm}$  จากผลการศึกษาแหล่งน้ำจืดในประเทศสหรัฐอเมริกา แสดงให้เห็นว่าแม่น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150 - 500  $\mu\text{mhos/cm}$  จะเป็นประโยชน์ต่อการทำประมงแม่น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าไม่อยู่ในช่วงดังกล่าวไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของปลาบางสายพันธุ์หรือสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ สำหรับน้ำอุตสาหกรรมนั้นอาจมีค่าการนำไฟฟ้าสูงได้ถึง 10,000  $\mu\text{mhos/cm}$

2.6.4. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) (ศูนย์วิจัยและการส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่, 2556 )

BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ (decomposable organic matter) ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน จากขบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิโดซ์สารอาหารเหล่านี้ อาจเป็น  $\text{CO}_2$   $\text{H}_2\text{O}$  หรือ  $\text{NH}_3$  ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร การใช้ออกซิเจนของแบคทีเรานั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือ

**ระยะที่ 1** เป็นการออกซิโดซ์ของสารประกอบคาร์บอน ดังสมการ



ค่าของ  $\text{O}_2$  ในตัวอย่างที่ลดลง เนื่องจากถูกแบคทีเรียใช้ไปคือ ค่า BOD ที่ทำได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะที่ 2 เป็นการออกซิไดซ์ของ  $\text{NH}_3\text{NO}_2\text{-NO}_3$  ตามลำดับ โดยพวก autotrophic bacteria ซึ่งมีชื่อว่า nitrifying bacteria และมีอยู่น้อยใน raw sewage ที่  $20^\circ\text{C}$  ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการหาค่า BOD และการแบ่งตัวของ nitrifying bacteria จะน้อยมาก ดังนั้น ในช่วงระยะเวลา 5 วัน ที่ใช้ในการหาค่า BOD ปริมาณ  $\text{O}_2$  ในการออกซิไดซ์สาร  $\text{NH}_3$  สังเกตได้จากปริมาณของ  $\text{NO}_3^-$  ในตัวอย่างซึ่งจะเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

ค่า BOD จะบ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำเสียต่างๆ ในเทอมของออกซิเจนที่ต้องการใช้เมื่อปล่อยน้ำเสียนั้นลงสู่แม่น้ำลำคลอง ใช้ในการควบคุมความสกปรกของลำธาร แม่น้ำต่างๆ เพราะจากค่า BOD จะบอกถึงองศาของความสกปรกของแหล่งน้ำนั้นได้ทันที นอกจากนี้ยังใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

2.6.5. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) (ศูนย์วิจัยและการส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่, 2556 )

การหาค่า COD เป็นการวัดค่าความสกปรกของน้ำ โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ ซึ่งใช้สารเคมีที่มีอำนาจในการออกซิไดซ์สูง (Strong Chemical Oxidant) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ค่า COD จึงแสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดในน้ำที่แบคทีเรียย่อยสลายได้โดยปกติค่า COD จะสูงกว่า BOD เสมอ

หลักการหา COD คล้ายกับ BOD คือ สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกออกซิไดซ์จนได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำต่างกันว่า BOD ต้องใช้แบคทีเรียในการย่อยสลาย ส่วน COD ใช้ตัวเติมออกซิเจน (Oxidizing Agent) จากปริมาณตัวเติมออกซิเจนที่ใช้ สามารถคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการได้

2.6.6. ของแข็ง (Solid) (ศูนย์วิจัยและการส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่, 2556 )

ของแข็ง หมายถึง ของแข็งที่มีอยู่ในน้ำหรือน้ำเสียทั้งที่ละลายน้ำได้หรือที่เป็นสารแขวนลอย การหาค่าของแข็งนี้ ทำทั้งในน้ำที่จะนำมาทำน้ำประปา ในน้ำเสียจากโรงงาน บ้านเรือน ตลอดจนของกากตะกอน (Sludge) ดังนั้น การวิเคราะห์หาค่าของแข็ง จึงมีชนิดต่างๆ ของของแข็งที่จะหา แล้วแต่วัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ ซึ่งแยกได้ดังนี้

2.6.6.1. ของแข็งที่ละลายและไม่ละลายน้ำ (Dissolved and undissolved Solids) หมายถึง ปริมาณและชนิดของสารที่ละลายและไม่ละลายน้ำแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของของเหลว ในน้ำเสียหรือน้ำโสโครกต่างๆ การหาค่า dissolved และ undissolved ทำได้โดยหาค่า Solids ของส่วนที่ผ่านการกรองกับส่วนที่ไม่ผ่านการกรองสารที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า Suspended Solids หรือ Suspended matter

2.6.6.2. ของแข็งระเหยและของแข็งคงตัว (Volatile and fixed solids) วัตถุประสงค์อย่างหนึ่งของการหาค่าของแข็งของน้ำเสียจากโรงงาน บ้านเรือน และ sludge คือการหาปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำ สามารถทำได้ โดยการเผาที่อุณหภูมิ  $600^\circ\text{C}$  องศาเซลเซียส สารอินทรีย์จะถูก

เปลี่ยนไปเป็น CO<sub>2</sub> และ H<sub>2</sub>O ที่อุณหภูมินี้ น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของสารอินทรีย์ในตัวอย่าง ฉะนั้น การหาค่า Volatile solids อาจจะเป็นของ Total Volatile solids หรือ Volatile suspended solids)

2.6.6.3. ของแข็งตกตะกอน (Settleable Solids) หมายถึงของแข็งใน Suspension (ของเหลวที่มีสิ่งห้อยแขวนอยู่) ซึ่งจะนอนก้นเนื่องจากแรงถ่วงภายใต้สภาวะที่สงบนิ่ง ค่านี้มีประโยชน์มากในการพิจารณาสร้างถังตกตะกอน

2.6.6.4. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids) หมายถึง ของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างน้ำ มีประโยชน์มากในการพิจารณาความเหมาะสมของน้ำที่จะนำมาทำเป็นน้ำบริโภค อุปโภค

## 2.6.7. ไขมันและน้ำมัน (พวงเดือน, 2559)

### 2.6.7.1. ประเภทของน้ำมันและไขมัน

สถานะของน้ำมันและไขมันในน้ำ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. น้ำมันละลายน้ำ โดยทั่วไปมักคิดกันว่า น้ำมันไม่เข้ากับน้ำ หรือน้ำมันไม่ละลายน้ำ แท้จริงแล้ว น้ำมันสามารถละลายน้ำได้ ซึ่งความสามารถในการละลายน้ำขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติประจำตัวของน้ำมันไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยได้ง่าย(น้ำหนักโมเลกุลต่ำ) มักละลายน้ำได้ดีโมเลกุลที่ไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งไฮโดรคาร์บอนที่มีวงแหวนเบนซินจะละลายได้ดีเช่น น้ำมันเบนซินสามารถละลายน้ำได้ถึง 1,650 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำมันละลายน้ำมักมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่อาจรับรู้ได้เช่น การได้กลิ่น เป็นต้น
2. น้ำมันลอยบนผิวน้ำ เป็นน้ำมันหรือไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่มักมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ จึงเป็นเรื่องปกติที่จะพบว่าน้ำมันลอยอยู่เหนือผิวน้ำเป็นฝ้าหรือเป็นฟิล์ม ซึ่งขวางกั้นการถ่ายเทออกซิเจนหรือบ่งแสง
3. น้ำมันในรูปอิมัลชัน เป็นน้ำมันที่อยู่ในรูปอนุภาคขนาดเล็กคล้ายคอลลอยด์ ดังนั้นจึงมองเห็นเป็นความขุ่นในน้ำ น้ำมันละลายน้ำหรือน้ำมันลอยน้ำอาจกลายเป็นอิมัลชันได้เมื่อถูกกระทำด้วยแรงภายนอก เช่นแรงสับจากเครื่องสูบน้ำ เป็นต้น และถ้าในน้ำมีสารประเภทสารลดแรงตึงผิว (Detergent) จะทำให้น้ำมันอยู่ในรูปอิมัลชันเพิ่มขึ้น

### 2.6.7.2. การวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน

โดยปกติมักไม่พบน้ำมันและไขมันในแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำมันและไขมันในน้ำเสียชุมชนมักเป็นชนิดที่มาจากพืชและสัตว์เช่น น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ไขมัน ซีฟิ่ง และกรดไขมัน ส่วนน้ำเสียอุตสาหกรรม อาจเป็นชนิดที่มาจากพืชและสัตว์รวมถึงสารประกอบเอสเทอร์ซึ่งเป็นเกลืออินทรีย์ที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างแอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์ทั้งนี้รวมถึงน้ำมันหล่อลื่นด้วยการวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน เป็นการวัดปริมาณรวมของกลุ่มน้ำมันและไขมันที่มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถละลายรวมกันได้ในตัวทำละลาย ทำให้สามารถสกัดออกมาจากตัวอย่างน้ำได้เช่น เฮกเซน เป็นต้น วิธีการมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน ในน้ำมี 3 วิธีซึ่งแต่ละวิธีล้วนใช้ตัว

ทำละลายในการสกัดหาปริมาณน้ำมันและไขมัน ทั้งสิ้น ได้แก่วิธีพาร์ทิชัน-ชั่งน้ำหนัก (Partition - gravimetric method, วิธีพาร์ทิชัน-อินฟราเรด (Partition - infrared method) และ วิธีซอกซ์เลต (Soxhlet)

## 2.6.8. Total Nitrogen (ศูนย์วิจัยและการส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่, 2556 )

### 2.6.8.1. สารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen Compounds)

ไนโตรเจนในน้ำและน้ำเสียมีหลายรูปที่สำคัญ ได้แก่ ไนเตรท ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) ไนไตรท์ ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) แอมโมเนีย และอินทรีย์ไนโตรเจน การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนีย สามารถวิเคราะห์ได้ในรูปของ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) หรือเรียก Kjeldahl nitrogen (TKN) ตามเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ “Kjeldahl nitrogen” เป็นผลรวมของอินทรีย์ไนโตรเจนกับแอมโมเนียไนโตรเจน

สารประกอบไนโตรเจนในรูปต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้น ยังรวมถึงก๊าซไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ ) ซึ่งเป็นองค์ประกอบใน วัฏจักรของไนโตรเจน (Nitrogen Cycle) อีกด้วย อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen) ซึ่งรวมทั้งไนโตรเจนในรูปของโปรตีน (proteins) และเปปไทด์ (peptides) กรดนิวคลีอิก และยูเรีย (nucleic acid and urea) และสารอินทรีย์อื่นๆ ที่สังเคราะห์ขึ้น ความเข้มข้นของอินทรีย์ไนโตรเจนแปรผันได้จาก 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำจนถึงมากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำเสีย “Total oxidized nitrogen” เป็นผลรวมของไนเตรท และไนไตรท์ ไนโตรเจน

### 2.6.8.2. ไนเตรต (Nitrate)

พบน้อยมากในน้ำผิวดิน แต่อาจพบมากในบางแห่งของน้ำใต้ดิน และถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดโรค “Methemoglobinemia” จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานของไนเตรตในน้ำดื่มต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำที่ตามบ้านเรือนจะพบว่าไนเตรตน้อยกว่าน้ำที่ถูกทำให้สกปรกเป็นเวลานาน หรือน้ำที่ออกจากระบบบำบัดทางชีวภาพ ซึ่งอาจสูงถึง 30 มิลลิกรัม ไนเตรทไนโตรเจนต่อลิตร นอกจากนี้ยังเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตที่มีการสังเคราะห์แสง และในบางกรณีใช้เป็น growth limiting nutrient

### 2.6.8.3. ไนไตรท์ (Nitrite)

สามารถเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนกลับไปได้จากการเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) ของแอมโมเนียไปเป็นไนเตรทและจากการรีดักชัน (Reduction) ของไนเตรทการออกซิเดชันและรีดักชันอาจเกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบจ่ายน้ำและแหล่งน้ำธรรมชาติ

ไนไตรท์สามารถเข้าสู่ Water supply system รวมทั้งเป็นตัวยับยั้งการสึกกร่อน (Corrosion inhibitor) ในขบวนการอุตสาหกรรม นอกจากนี้ไนไตรท์ยังเป็น actual etiologic agent ของโรค methemoglobinemiaอีกด้วย กรดไนตรัส (Nitrous acid) เกิดจากไนไตรท์ที่อยู่ในสถานะเอกสารที่เป็นกรด สามารถเกิดปฏิกิริยากับ secondary amines ( $\text{RR}'\text{NH}$ ) ไปเป็น nitrosamines ( $\text{RR}'\text{N-}$  คำ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogens) ความเป็นพิษของ nitrosation reactions ใน vivo และในสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่เกิดขึ้นยังคงต้องศึกษาและวิจัยต่อไป

## 2.7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพโดยใช้วิธีแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศพบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

Aeration Industries International, Inc. (2008) ได้ศึกษาการกำจัดแอมโมเนียตลอดทั้งปี โดยใช้ตัวกลางสำหรับตรึงเซลล์ โดยกระบวนการตัวกลางจมตัวเพื่อการยึดเกาะตัวของมวลชีวภาพ (Submerged Attached Growth Media) โดยตัวกลางที่เลือกใช้เป็นเส้นใยแบบเฉพาะมีพื้นที่ผิวมาก ทางทีมงานวิจัยและพัฒนาของ Aeration Industries International, Inc. ได้ทำการใส่ตัวกลางดังกล่าวไปในระบบบำบัดที่ใช้เครื่องเติมอากาศแบบอัดฟัน Aire-O<sub>2</sub> Triton เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์เกาะติดบนผิวและยังเป็นการรักษาปริมาณจุลินทรีย์ในระบบด้วย

อรธณพ และคณะ (2545) ได้สร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานแป่งข้าวสำเร็จเป็นแห่งแรกในประเทศไทย โดยกระบวนการทำงานของบ่อหมักจะมีการซึ่งตายไนลอนหรือเชือกไนลอน ซึ่งเชื่อว่าเป็นตัวกลางที่ดีที่สุด โดยจะทำหน้าที่ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะมีลักษณะคล้ายฟิล์มบางๆ เมื่อน้ำเสียไหลเข้าบ่อหมัก ฟิล์มจุลินทรีย์ที่อยู่ตรงตายจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่อยู่ในน้ำเสีย ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพขึ้น

พนาลี (2553) ศึกษากระบวนการบำบัดแบบใช้อากาศ โดยระบบบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพแบบใช้อากาศที่นิยมใช้ในประเทศไทยมีด้วยกันหลายระบบเช่นระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ (activated sludge, AS) ระบบคลองวนเวียน (oxidation ditch, OD) ระบบจานหมุนชีวภาพ (rotating biological contactors, RBC) ระบบบ่อผึ่ง (oxidation pond, OP) และระบบสระเติมอากาศ (aerated lagoon, AL) เป็นต้น ส่วนใหญ่จะใช้ระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ ซึ่งระบบนี้จะอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์เป็นหลักดังนั้นการควบคุมสภาพแวดล้อมออกซิเจน ละลายออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นต้นเพื่อให้จุลินทรีย์ ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมาก นอกเหนือจากการควบคุมการทำงานของเครื่องมือและอุปกรณ์หากไม่สามารถควบคุมให้สามารถทำงานได้ตามปกติอาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาได้

โดมและกำพล (2553) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ประสบปัญหาปริมาณสาหร่ายที่มีมากในบ่อบำบัดสุดท้าย ซึ่งถ้ามีการปล่อยลงสู่แหล่งรับน้ำจะก่อให้เกิดปริมาณสารอินทรีย์ บีโอดีและความขุ่นในแหล่งน้ำ ดังนั้นต้องมีการกำจัดสาหร่ายออกก่อนโดยทั่วไปไปมักใช้กรวดหยาบ กรวดละเอียด ถ้าเมื่อใช้ไประยะหนึ่งแล้วจะเกิดการอุดตันที่ ยากต่อการล้างเพราะกรวดจะมีน้ำหนักรวมมาก ในการวิจัยในครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายและความขุ่นของน้ำออกจากบ่อบำบัด

โดยใช้ถังกรองแวนอนแบบ 2 ชั้นตอน โดยชั้นตอนแรกใช้ตัวกรองที่มีขายในท้องตลาด ส่วนชั้นตอนที่สองใช้กรวดละเอียดขนาด 2-6 มม. ตัวกรองพลาสติกที่ใช้มี 2 ขนาดคือ 240 ม<sup>2</sup> /ม<sup>3</sup> (SBM) และ 105 ม<sup>2</sup> /ม<sup>3</sup> (BBM) ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ความเร็วการไหลหรืออัตราการกรองจากการทดลองพบว่าความเร็วการไหล 0.3 ม./ชม. SBM มีประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายได้ดีกว่า BBM ซึ่งเฉลี่ยร้อยละ 89 และ 84 ตามลำดับ และกำจัดความขุ่นได้ร้อยละ 64 และ 58 ตามลำดับและเมื่อนำมาต่ออนุกรมเข้ากับถังกรวดละเอียด (ชั้นตอนที่สอง) พบว่าการกำจัดสาหร่ายมีประสิทธิภาพร้อยละ 91 และ 86 การกำจัดความขุ่นเฉลี่ยร้อยละ 66 และ 62

Jillian Klocn and Isabella Mendoza González (2012) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยผ่านไบโอฟิล์ม บนเส้นใยสังเคราะห์เทียบกับmembrane เมื่อทำการทดลองแล้วพบว่าเกิดการเกิดไบโอฟิล์ม จะมีจุลินทรีย์ยึดเกาะกับตัวกลาง โดยตัวกลางที่ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้ดีที่สุดคือ พวกไนลอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1. แหล่งที่มาของน้ำเสีย

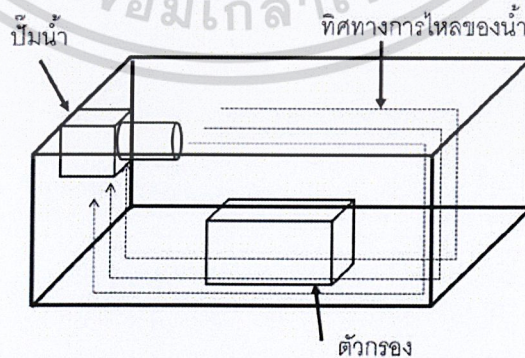
น้ำเสียจากชุมชน ซอยเชื่อมสัมพันธ์ 31 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงโคกแฝด เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530



รูปที่ 3.1 แหล่งที่มาของน้ำเสีย

#### 3.2. แบบจำลองถังบำบัด

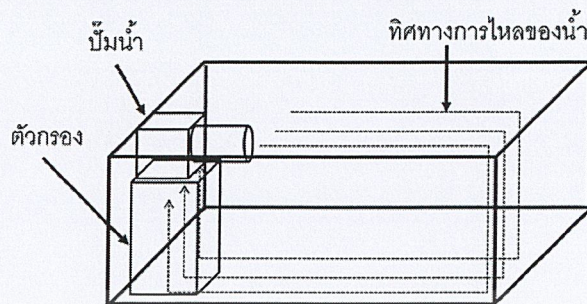
##### 3.2.1. แบบจำลองถังบำบัดที่มีตัวกรองไม่ติดกับบิ่มน้ำ



รูปที่ 3.2 แบบจำลองถังบำบัดที่มีตัวกรองไม่ติดกับบิ่มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2. แบบจำลองถังบำบัดที่มีตัวกรองติดกับปั้มน้ำ



รูปที่ 3.3 แบบจำลองถังบำบัดที่มีตัวกรองติดกับปั้มน้ำ

จากการวิจัยทำการทดลองทั้งหมด 4 ถัง ดังนี้

- ถังบำบัดที่ 1 มีตัวกรองไม่ติดกับปั้มน้ำ ไม่มีการเติมอากาศ
- ถังบำบัดที่ 2 มีตัวกรองไม่ติดกับปั้มน้ำ มีการเติมอากาศ
- ถังบำบัดที่ 3 มีตัวกรองติดกับปั้มน้ำมีการเติมอากาศ
- ถังบำบัดที่ 4 มีตัวกรองติดกับปั้มน้ำ ไม่มีการเติมอากาศ

### 3.3. สารเคมีที่ใช้

1. กรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $NaOH$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
3. โพแทสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
4. เมอร์คิวรีซัลเฟต ( $HgSO_4$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท LobaChemie ประเทศอินเดีย
5. ซิลเวอร์ซัลเฟต ( $AgSO_4$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific UK Limited ประเทศ

อังกฤษ

6. เฟอริกซัลเฟต ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
7. เฟอริกแอมโมเนียมซัลเฟต ( $Fe(NH_4)_2(SO_2) \cdot 6H_2O$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
8. โพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต (KHP) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
9. เฟอริกคลอไรด์ ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
10. แคลเซียมคลอไรด์ ( $CaCl_2$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
11. แมกนีเซียมซัลเฟต ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
12. โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต ( $KH_2PO_4$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ไดโพลแทสเซียมฟอสเฟต ( $K_2HPO_4$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
14. ไดโซเดียมฟอสเฟต ( $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
15. แอมโมเนียมคลอไรด์ ( $NH_4Cl$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
16. โซเดียมซัลไฟต์ ( $Na_2SO_3$ ) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
17. กลูโคส (Glucose) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
18. เฮกเซน (Hexane) เกรตวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี

### 3.4. เครื่องมือและอุปกรณ์

#### 3.4.1. เครื่องมือ

1. ตู้ควบคุมอุณหภูมิควบคุมอุณหภูมิที่  $20 \pm 1$  °C ยี่ห้อ ACCUPLIS
2. เครื่องวัด DO ยี่ห้อ YSI รุ่น 52
3. เครื่องชั่งละเอียดยี่ห้อ METTLER TOLEDO
4. อุปกรณ์เติมอากาศยี่ห้อ SONIC รุ่น 5500
5. เครื่อง TOC -V CSH

#### 3.4.2. อุปกรณ์

1. ขวดปิเอตี ขนาด 300 mL
2. ปิเปต
3. ไมโครปิเปต
4. ชุดกรองลดความดัน
5. กระจกบอทดวง
6. แท่งแม่เหล็ก
7. ขวดปรับปริมาตร
8. ลูกยาง
9. บิวเรต 50 ml
10. ขวดรูปชมพู่
11. กระจกนาฬิกา
12. ถ้วยระเหย
13. โถดูดความชื้น
14. กรวยแยก
15. กรวยกรอง

#### 16. ปีกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

#### 17. กระจาดาชกรองใยแก้ว

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 18. ขวดแก้วเล็ก

19. ฟิลเตอร์ตัวกรอง
20. กระบอกฉีดยา
21. เชื้อจุลินทรีย์ยี่ห้อ E.M. Extra

### 3.5. การดำเนินการทดลอง

#### 3.5.1. การสร้างถังบำบัดน้ำเสีย

จัดซื้อถังพลาสติกโพลีเอทิลีนขนาด 41x70x48 cm พร้อมทำโครงสำหรับยึดตัวกรองภายนอก



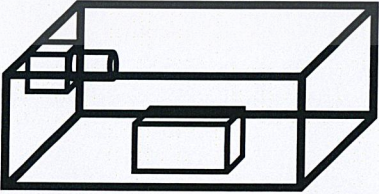
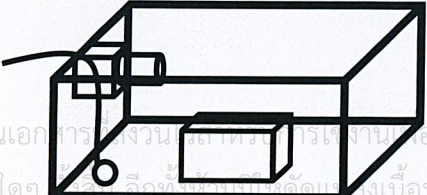
รูปที่ 3.4 ถังบำบัดและโครงยึดตัวกรอง

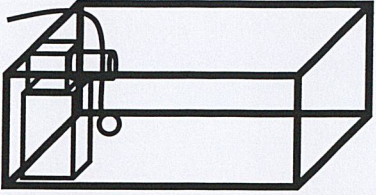
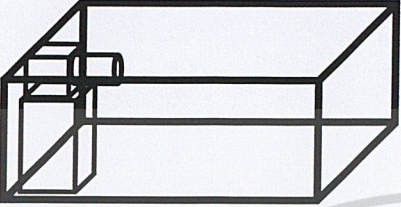
#### 3.5.2. การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย

เก็บตัวอย่างน้ำเสียโดยใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) และทำการเก็บน้ำเสียใส่ระบบบำบัดถังละ 80 ลิตรรักษาไว้อุณหภูมิห้อง ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ pH, Conductivity, Fat, Oil & Grease, Temperature, SS, TDS, TN, COD และ BOD

#### 3.5.3. ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของถังบำบัด

ถังบำบัด	รายละเอียด
1. 	- บั๊มน้ำ - ตัวกรองที่ไม่ติดกับบั๊มน้ำ
2. 	- บั๊มน้ำ - ตัวกรองที่ไม่ติดกับบั๊มน้ำ - บั๊มเติมอากาศ

<p>3.</p> 	<p>-ปั้มน้ำ -ตัวกรองที่ติดกับปั้มน้ำ -ปั้มเติมอากาศ</p>
<p>4.</p> 	<p>-ปั้มน้ำ -ตัวกรองที่ติดกับปั้มน้ำ</p>

#### 3.5.4. การดำเนินงาน

ทำการเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพโดยใช้วิธีแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศ โดยจะทำการจำลองถึงบำบัดมา 4 ถึง โดยแต่ละถังมีส่วนประกอบภายในถังที่แตกต่างกัน โดยจะมี 2 ถัง เป็นแบบมีตัวกรองไม่ติดกับปั้มน้ำ และจะมีอีก 2 ถัง เป็นแบบมีตัวกรองที่ติดกับปั้มน้ำ ซึ่ง 2 ถังที่มีตัวกรองเหมือนกัน ถังหนึ่งจะเติมอากาศ อีกถังจะไม่เติมอากาศ ซึ่งในแต่ละถังบำบัดจะมีน้ำเสีย 80 ลิตรในการบำบัด นอกจากนี้แล้วยังทำให้น้ำเคลื่อนที่ตลอดเวลาด้วยอัตราไหล 36 ลิตรต่อนาที โดยทุกถังบำบัดจะทำการเติมเชื้อจุลินทรีย์ (EM) ลงไปในปริมาตร 80 มิลลิลิตร (อัตราส่วนของน้ำเสียต่อเชื้อจุลินทรีย์คือ 1 : 1) แล้วทำการบำบัดทั้งหมด 7 สัปดาห์

#### 3.6. วิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย ดำเนินการตาม Standard method (APHA 1998) ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วิธีการวิเคราะห์ในแต่ละพารามิเตอร์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
pH	pH meter
Conductivity	Conductivity meter
Fat, Oil & Grease	การสกัดด้วยเฮกเซน
SS	วิธีการกรอง
TDS	วิธีการกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Total Nitrogen	เครื่อง TOC -V CSH
COD	Closed Reflux Method
BOD <sub>5</sub>	BOD <sub>5</sub> dilution



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

#### 4.1. คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนและหลังเข้าสู่ระบบบำบัด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการศึกษาคคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนและหลังเข้าสู่ระบบบำบัดได้ผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนและหลังเข้าสู่ระบบบำบัด

ลักษณะ	ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด	หลังเข้าสู่ระบบบำบัด
สี	เขียว-ดำ	เขียวอ่อน-เหลือง
กลิ่น	มีกลิ่นเหม็น	ไม่มีมีกลิ่นเหม็น
อุณหภูมิ	27.5 องศาเซลเซียส	31.5 องศาเซลเซียส

#### 4.2. คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการศึกษาคคุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด โดยทำการวัดพารามิเตอร์ ดังนี้ pH, Conductivity, Fat, Oil & Grease, SS, TDS, TN, BOD และ COD ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

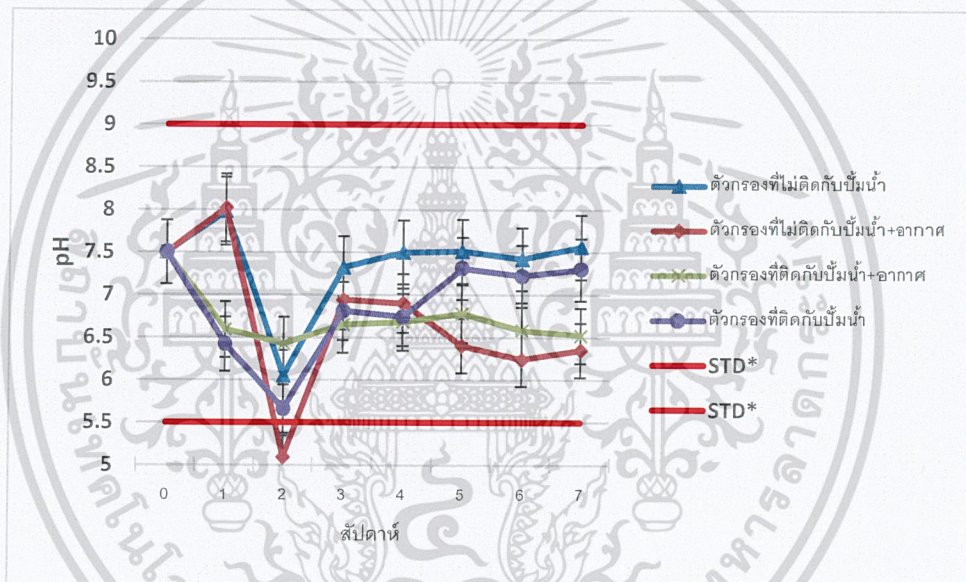
ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด

พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
pH	7.5	-	5.5-9
Conductivity	769	µs/cm	ไม่เกิน 2,000 mg/l
Fat, Oil & Grease	52.7	mg/L	ไม่เกิน 5.0 mg/l
SS	35.75	mg/L	ไม่เกิน 30 mg/l
TDS	570	mg/L	ไม่เกิน 500 mg/l
TN	21.645	mg/L	ไม่เกิน 20mg/l

COD	405.76	mg/L	ไม่เกิน 100 mg/l
BOD	348.17	mg/L	ไม่เกิน 20 mg/l

#### 4.3. ผลการศึกษาค่า pH ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศ

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า pH เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.1

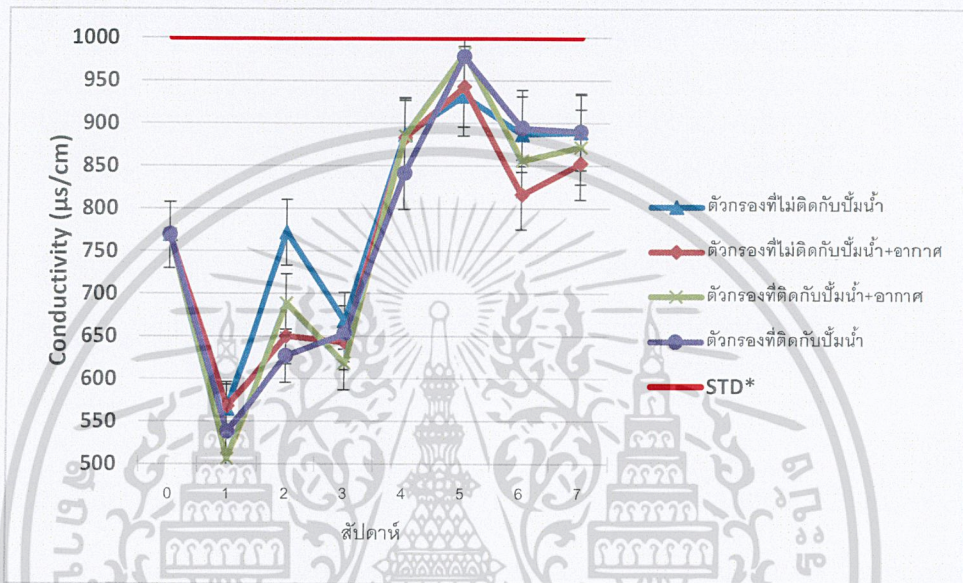


รูปที่ 4.1 ค่า pH ของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง

รูปที่ 4.1 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถังพบว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่า pH เริ่มต้นเท่ากับ 7.5 เมื่อเข้าสู่ระบบบำบัดแล้วพบว่า ถังบำบัดที่ 1 มีค่า pH จะอยู่ในช่วง 6.05-7.98 ถังบำบัดที่ 2 จะพบว่าค่า pH จะอยู่ในช่วง 5.09-8.02 ถังบำบัดที่ 3 จะพบว่าค่า pH จะอยู่ในช่วง 6.42-6.78 และถังบำบัดที่ 4 จะพบว่าค่า pH จะอยู่ในช่วง 5.66-7.31 จากการบำบัดทั้ง 4 ถังพบว่าถังบำบัด ถังที่ 2 มีค่า pH อยู่ในสภาวะเป็นกรด ซึ่งเกิดจากในน้ำมีคาร์บอนไดออกไซด์ ละลายในน้ำในปริมาณที่สูง โดยคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการ Oxidation ทางชีวของสารอินทรีย์ในน้ำ และ เนื่องจากระบบเราเป็นระบบปิด ทำให้มีการสังเคราะห์แสงได้น้อย จึงเกิดความดันของคาร์บอนไดออกไซด์น้ำมากกว่าในอากาศ จึงทำให้น้ำมีสภาวะที่เป็นกรดได้ (มันสินและมันรักษ์ , 2574) โดยใช้ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในการเปรียบเทียบ ต้องมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5-9 เอกสารนี้ 5.5-9 เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4. ผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถึง โดยทำการวัดค่าการนำไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.2



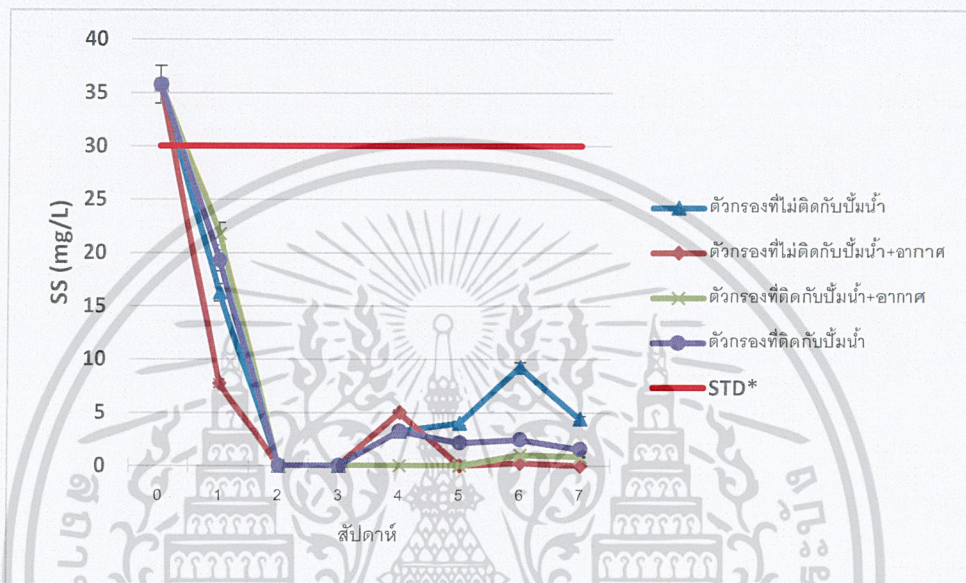
รูปที่ 4.2 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถึง

รูปที่ 4.2 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถึงพบว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าการนำไฟฟ้าเริ่มต้น เท่ากับ  $769 \mu\text{s}/\text{cm}$  โดยถึงบำบัดที่ 1 จะพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าจะอยู่ในช่วง  $565-932 \mu\text{s}/\text{cm}$  ถึงบำบัดที่ 2 จะพบว่าค่าการนำไฟฟ้าจะอยู่ในช่วง  $568-943$  ถึงบำบัดที่ 3 จะพบว่าค่าการนำไฟฟ้าจะอยู่ในช่วง  $506-982 \mu\text{s}/\text{cm}$  และถึงบำบัดที่ 4 จะพบว่าค่าการนำไฟฟ้าจะอยู่ในช่วง  $538-978 \mu\text{s}/\text{cm}$  จากการทดลองพบว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นเกิดจากสารการแตกตัวในน้ำเพิ่มขึ้น โดยค่าการนำไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับชนิด ความเข้มข้นของไอออนแล้ว ยังขึ้นกับอุณหภูมิที่ทำการวัดด้วย ซึ่งสัปดาห์ที่ 5 อุณหภูมิในการวัดสูงถึง  $32.5$  องศาเซลเซียส ซึ่งจะส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย (มันสิน, 2540) ใช้ค่ามาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทานในการเปรียบเทียบ ต้องมีค่ามาตรฐานไม่เกิน  $1000 \mu\text{s}/\text{cm}$  ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัดความสามารถของน้ำในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดจากมีอยู่ของสารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5. ผลการศึกษาค่าของแข็งแขวนลอยของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่าของแข็งแขวนลอยเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.3



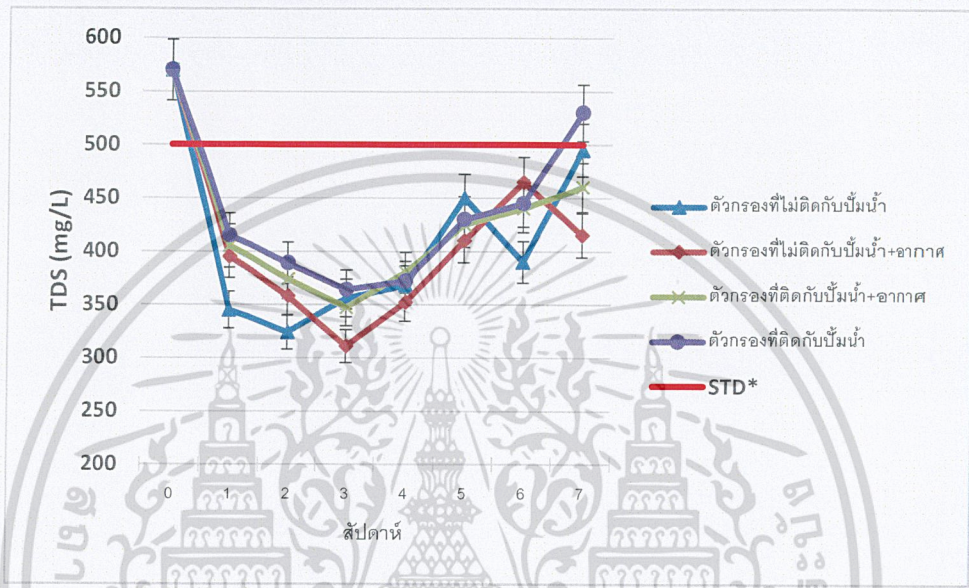
รูปที่ 4.3 ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง

รูปที่ 4.3 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถังพบว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่า ของแข็งแขวนลอยเริ่มต้น 35.75 mg/L หลังจากทำการบำบัดแล้ว 7 สัปดาห์พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 2 ในการวิเคราะห์หาของแข็งแขวนลอยได้ใช้กระดาษกรองแบบธรรมดา ทำให้หลังการบำบัดไม่พบค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำ หลังจากสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป ได้ทำการเปลี่ยนมาเป็นกระดาษกรองใยแก้ว พบว่า น้ำยังพบค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ในปริมาณที่น้อย จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทั้ง 4 ถังพบว่า ค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ถึงที่มีออกซิเจนจะบำบัดได้ดีกว่าถึงที่ไม่มี การเติมอากาศโดยใช้เทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนต้องมีค่าไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6. ผลการศึกษาค่าของแข็งละลายน้ำของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่าของแข็งละลายน้ำเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.4



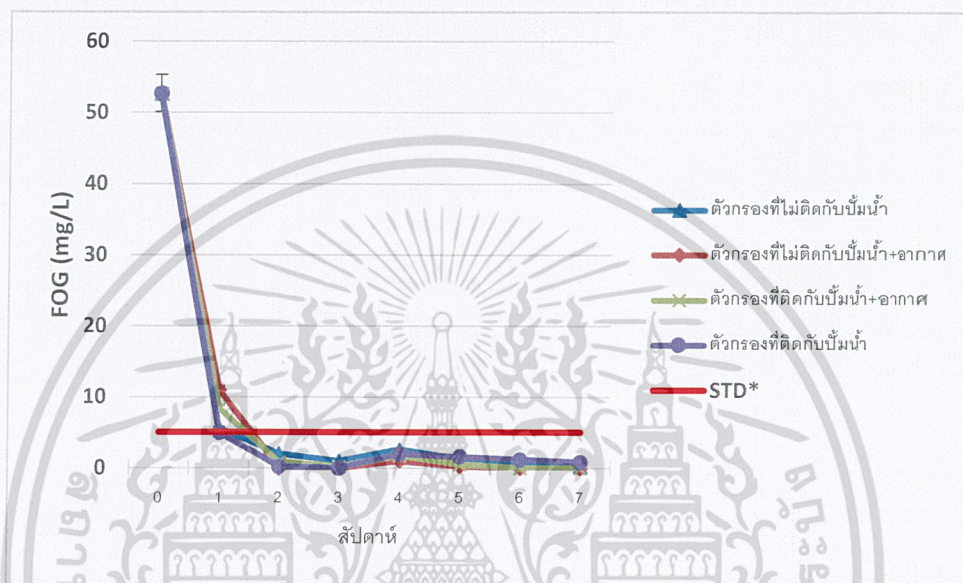
รูปที่ 4.4 ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง

รูปที่ 4.4 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถังพบว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีของแข็งละลายน้ำได้ เริ่มต้น 570 mg/L หลังจากทำการบำบัด 7 สัปดาห์พบว่าในสัปดาห์แรกๆ ค่าเริ่มมีค่าลดลง แต่พอหลังจากนั้นค่าเริ่มมีค่าสูงขึ้น โดยค่าของแข็งละลายน้ำจะขึ้นกับค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งมีไอออนต่างๆ แตกตัวเป็นประจุไฟฟ้าในน้ำ เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าในสัปดาห์หลังมีค่าที่สูงทำให้ค่าของแข็งละลายน้ำสูงตามไปด้วย (มันสินและมันรักษ์, 2574) จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดทั้ง 4 ถัง พบว่าถึงทุกถังมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบกับ ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรรต้องมีค่าไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากค่าของแข็งละลายน้ำไม่สามารถเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน จึงทำให้ต้องนำค่าของแข็งละลายน้ำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรรแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7. ผลการศึกษาค่าไขมันและน้ำมันของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่าไขมันและน้ำมันเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.5



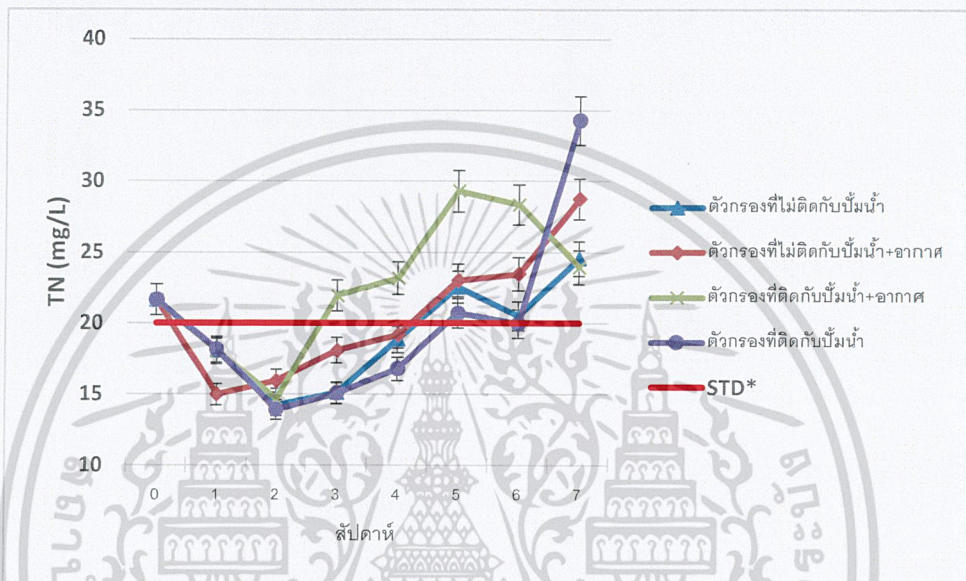
รูปที่ 4.5 ค่าไขมันและน้ำมันของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง

รูปที่ 4.5 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถังพบว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าไขมันและน้ำมันเริ่มต้น 52.7 mg/L หลังจากทำการบำบัดเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์พบว่า การบำบัดแบบที่เติมอากาศจะสามารถบำบัดได้ดีกว่าถังที่ไม่เติมอากาศ โดยหลังการบำบัดถังที่มีการเติมอากาศจะไม่พบค่าไขมันและน้ำมันในถังบำบัดเลย ซึ่งการบำบัดในครั้งนี้มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงไป ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถย่อยสลายพวกไขมันและน้ำมันได้ (มันสกินและมันรักซ์, 2574) ยิ่งเติมอากาศให้กับจุลินทรีย์ ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าไขมันและน้ำมันก็จะดีขึ้นด้วย ค่าไขมันและน้ำมัน จะทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ต้องมีค่าไม่เกิน 5 mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.8. ผลการศึกษาค่าไนโตรเจนทั้งหมดของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่าไนโตรเจนทั้งหมดเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.6



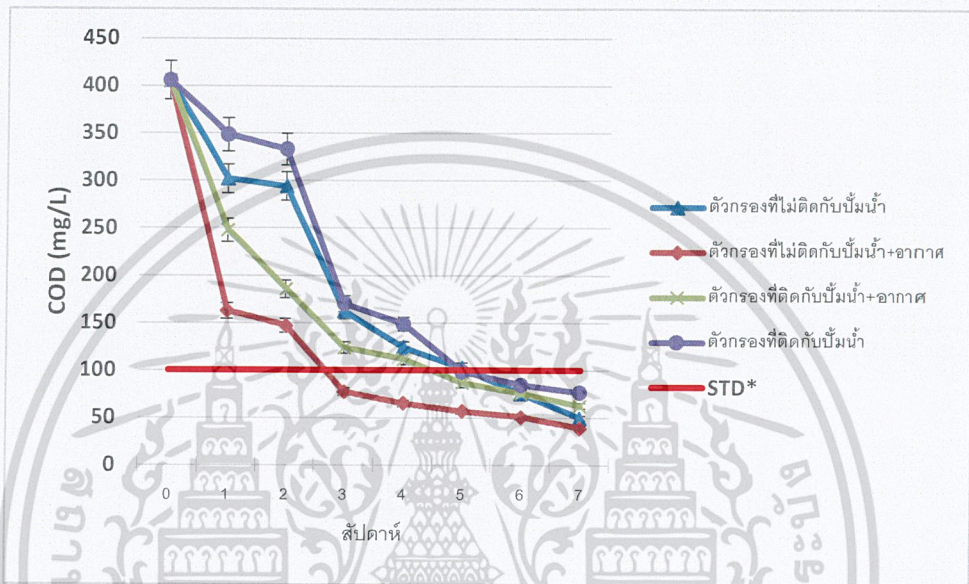
รูปที่ 4.6 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง

รูปที่ 4.6 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถังพบว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าไนโตรเจนทั้งหมดเริ่มต้น 21.645 mg/L หลังจากทำการบำบัดเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์พบว่า ค่าจะลดลงอยู่ในช่วง 2 สัปดาห์แรก หลังจากสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป ค่าเริ่มเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยถึงบำบัดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 24.56 mg/L ถึงบำบัดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 28.74 mg/L ถึงบำบัดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 23.93 mg/L และถึงบำบัดสุดท้ายมีค่าเท่ากับ 34.26 mg/L โดยการบำบัดค่าไนโตรเจนทั้งหมดพบว่าไม่สามารถบอกได้ว่าประสิทธิภาพในการบำบัดถึงไหนดีที่สุดเพราะว่ามีค่าเกินค่ามาตรฐานทุกค่า โดยเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ค่าต้องไม่เกิน 20 mg/L จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า ในการกำจัดไนโตรเจนให้มีประสิทธิภาพดีต้องบำบัดแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศควบคู่กัน ซึ่งใช้กระบวนการไนตริฟิเคชันกับดีไนตริฟิเคชัน ในการกำจัดไนโตรเจนในน้ำ (พรภักและปิยาภรณ์, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.9. ผลการศึกษาค่าซีโอดีของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศ

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่าซีโอดีเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.7



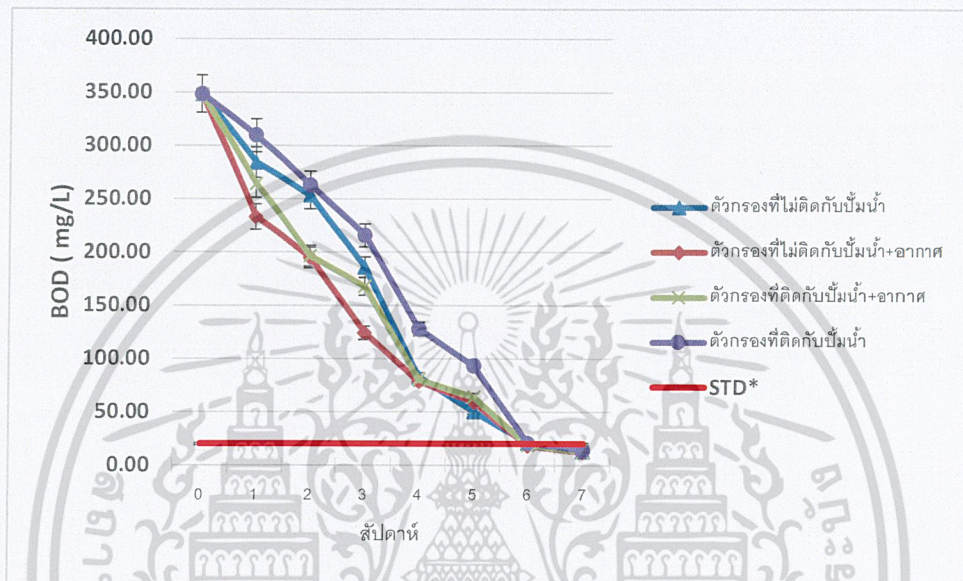
รูปที่ 4.7 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง

รูปที่ 4.7 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถังพบว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าซีโอดีเริ่มต้น 405.76 mg/L หลังจากทำการบำบัดค่าซีโอดีแล้ว 7 สัปดาห์พบว่า ถังบำบัดที่ 2 ที่มีการเติมอากาศ และมีตัวกรองที่ไม่ติดกับบ่มน้ำ เป็นถังบำบัดที่ดีที่สุด และมีค่าหลังการบำบัดอยู่ที่เท่ากับ 38.92 mg/L โดยจะเทียบกับค่ามาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ค่าต้องไม่เกิน 100 mg/L ซึ่งค่าซีโอดียังมีการเติมอากาศในน้ำ จะเกิดการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็น คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำออกมา (กรรณิการ์, 2525)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.10. ผลการศึกษาค่าบีโอดีของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศ

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่าบีโอดีเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ถัง

รูปที่ 4.8 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถังพบว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 348.17 mg/L หลังจากทำการบำบัดเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์พบว่าถังบำบัดที่ 2 ที่มีการเติมอากาศและมีตัวกรองที่ไม่ติดกับปั๊มน้ำ เป็นถังที่มีการบำบัดที่ดีที่สุด และมีค่าบีโอดีหลังการบำบัดลดลงเหลือ 12 mg/L ซึ่งเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนต้องไม่เกิน 20 mg/L จากการบำบัดถังบำบัดที่ 2 เป็นถังบำบัดที่ดีที่สุด เพราะจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนในการหายใจ (กรรณิการ์, 2525) และ พื้นที่ในการให้จุลินทรีย์ยึดเกาะมีพื้นที่มาก จึงช่วยส่งผลให้ถังบำบัดที่ 2 มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.11. วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศ ซึ่งน้ำเสียมาจากน้ำเสียชุมชน โดยการทดลองได้มีการจำลองถึงบำบัดที่มีการไหลเวียนของน้ำตลอดเวลา ทำให้เชื้อกระจายไม่ตกกันถึง โดยงานวิจัยนี้ตัวกลางที่ใช้คือใยกรองตู้ปลาชนิดหยาบ จากการบำบัดถึง 4 ถังพบว่า ถังที่มีตัวกลางติดกับปั้มน้ำที่ทำหน้าที่ไหลเวียนของน้ำและกรองน้ำ พื้นที่ที่ให้ตัวกลางอยู่มีปริมาณที่น้อยทำให้จุลินทรีย์ยึดเกาะหรืออาศัยอยู่ได้ยากกว่าตัวกลางที่อยู่ไม่ติดกับปั้มน้ำ โดยเวลาปั้มน้ำทำงานจะมีทั้งเศษ ฝุ่น ผง และอื่นๆ รวมถึงจุลินทรีย์เข้าไปอาศัยอยู่ในตัวกรองที่มีใยกรองตู้ปลาอยู่ภายใน อาจทำให้เครื่องปั้มน้ำทำงานมากขึ้นและทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตาย เพราะเครื่องที่ทำงานมากและประกบกับเครื่องมีความร้อนภายในตัว ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถทนต่อความร้อนและทำให้เชื้อตายบางส่วน และในการเก็บตัวอย่างน้ำ ทำการวิเคราะห์ทันที ทุกพารามิเตอร์ ทำให้ค่าที่ได้อาจไม่ค่อยแม่นยำเพราะต้องรีบทำเพื่อรักษาสภาพน้ำไม่ให้เกิน 2 ชั่วโมง และที่สำคัญงานวิจัยนี้ถึงที่มีการเติมอากาศ ต้องคอยควบคุมปริมาณอากาศที่ออกมาตลอดเวลา โดยต้องใช้ระดับการเติมอากาศ 220 โวลต์สม่ำเสมอ ถ้าปริมาณอากาศมากไปหรือน้อยไป อาจจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตายได้ นอกจากต้องควบคุมอากาศแล้ว ต้องคอยควบคุมและตรวจสอบทุกๆ 1 ชั่วโมง กับการไหลของน้ำที่มาจากปั้มน้ำ ซึ่งต้องมีอัตราการไหลประมาณ 36 mL/min เพื่อไม่ให้กระแสของน้ำแรงเกินไป ถ้ากระแสน้ำแรงจะส่งผลให้พัดพาจุลินทรีย์ออกจากตัวกลางได้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ โดยใช้วิธีแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศ จะพบว่าถังที่มีการเติมอากาศและมีใยกรองไม่ติดกับปั้มน้ำ จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีที่สุด โดยจะมีค่าที่ได้จากการทดลองแต่ละพารามิเตอร์ก่อนบำบัดและหลังบำบัดน้ำเสีย ดังนี้ ค่า Suspended Solid เริ่มต้นเท่ากับ 35.75 mg/L ลดลงเหลือ 0 mg/L ค่า Total Dissolve Solid พบว่าค่าเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 570 mg/L ลดลงเหลือ 415 mg/L ค่า BOD เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 348.17 mg/L ลดลงเหลือ 12.71 mg/L ส่วนค่า COD ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 405.76 mg/L ลดลงเหลือ 56.94 mg/L ค่าไขมันและน้ำมันพบว่า ถังบำบัดที่มีการเติมอากาศ ค่าไขมันและน้ำมันลดลงเหลือ 0 mg/L และค่า Total Nitrogen พบว่าค่าลดลงในช่วง 3 สัปดาห์แรก พอสัปดาห์ที่ 4 พบว่าค่า Total Nitrogen มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งในการบำบัดในครั้งนี้สามารถที่จะบำบัดพวกค่า BOD, COD, Suspended Solid และ Total Dissolve Solid ได้ดี แต่ไม่สามารถที่จะบำบัด Total Nitrogen ได้ดี เพราะในการบำบัด Total Nitrogen ต้องบำบัดแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศควบคู่กัน ถึงสามารถจะกำจัด Total Nitrogen ได้ดี

#### 5.2. ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยเป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน โดยใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบกายภาพควบคู่กับชีวภาพ สามารถสรุปข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาวิจัยต่อไปดังนี้

1. เพิ่มระยะเวลาในการบำบัดให้มากขึ้น
2. เพิ่มขนาดถังบำบัดเพื่อให้สามารถรองรับน้ำเสียที่จะใช้ทำการบำบัดได้ดียิ่งขึ้น
3. ควบคุมการทำงานของปั้มน้ำที่ใช้ในถังบำบัดตลอดเวลา เพื่อให้อัตราในการไหลของน้ำไม่มากเกินไป
4. ควบคุมการเติมอากาศเพื่อป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2542). **น้ำเสียชุมชน**. (ออนไลน์). สืบค้นจาก

[http://www.pcd.go.th/info\\_serv/water\\_wt.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html). 6 มกราคม 2559

กรมควบคุมมลพิษ. (2548). **วิธีปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำ**. (ออนไลน์). สืบค้น

[http://www.pcd.go.th/public/Publications/print\\_water.cfm?task=Water\\_CollNat\\_Manual](http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_water.cfm?task=Water_CollNat_Manual). 6 มกราคม 2559

กรรณิการ สิริสิงห์ . 2525 . **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์** . พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ : ประยูรวงศ์.

ขนิษฐา.(2550).**ความหมายของน้ำเสีย**. (ออนไลน์). สืบค้นจาก

[http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php?bookID=370&pageid=2&read=true&count=true](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=370&pageid=2&read=true&count=true). 7 มกราคม 2559

ดร.มันสิน ตัญกุลเวศม์ . 2540 . **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดร.อรรรณพ นพรัตน์และคณะ . 2545 . **ระบบบำบัดน้ำเสียไร้อากาศประสิทธิภาพสูงแบบตรึงเซลล์สำหรับ โรงงานอุตสาหกรรมเกษตร** . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม.(2548).**ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ**.(ออนไลน์). สืบค้นจาก

[http://www.stou.ac.th/Schools/Shs/booklet/6\\_2548/OccHealth.htm](http://www.stou.ac.th/Schools/Shs/booklet/6_2548/OccHealth.htm). 10 มกราคม 2559

โดม สิทธิเวทย์และ กำพล นันทพงษ์ . 2553 . **การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต** . วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี . 18 (3 ) .

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. **เทคนิคและวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ**. (ออนไลน์). สืบค้นจาก doe

[nv.eng.cmu.ac.th/wp-content/.../12/เทคนิคและวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ.pdf](http://nv.eng.cmu.ac.th/wp-content/.../12/เทคนิคและวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ.pdf). 7 มกราคม 2559

มหาวิทยาลัยมหิดล. **นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม. การบำบัดน้ำเสีย**. (ออนไลน์). สืบค้นจาก

<http://www.il.mahidol.ac.th/e-> เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ [media/ecology/chapter3/chapter3\\_water13.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3_water13.htm). 10 มกราคม 2559

## เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

นิเวศวิทยาแหล่งน้ำ. ลักษณะน้ำเสีย.(ออนไลน์). สืบค้นจาก

[http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/fisher/fi16/page\\_9.htm](http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/fisher/fi16/page_9.htm). 10 มกราคม 2559

บริษัท โมเดิร์นทรีทแอนด์เทค จำกัด.ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย.(ออนไลน์). สืบค้นจาก

<http://www.moderntreat.com/index.php?lay=show&ac=article&id=200573>. 10 มกราคม 2559

ผศ.พนาลี ชีวภิตาการ . 2553 . ศึกษาระบบชีวภาพบำบัดแบบใช้อากาศ . คณะการจัดการสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ .

ฝ่ายสุขาภิบาลโรงงาน กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร.น้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย.(ออนไลน์). สืบค้นจาก

<https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/water/solu.htm>. 6 มกราคม 2559

พงเดือน ชุ่มศิริ. น้ำมันและไขมัน(Grease and Oil) ในสิ่งแวดล้อมกับห้องปฏิบัติการ.(ออนไลน์). สืบค้นจาก [http://reo08.mnre.go.th/ewt\\_dl.php?nid=77](http://reo08.mnre.go.th/ewt_dl.php?nid=77). 10 มกราคม 2559

พีไท ตาทอง. หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตสาธารณสุขชุมชน วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จ.ยะลา. ประเภทของน้ำเสีย . (ออนไลน์). สืบค้นจาก

<http://www.yala.ac.th/links/pitai/Link/Link%204.htm>.10 มกราคม 2559

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์.(2556). สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังไบโอฟิล์ม(ออนไลน์). สืบค้นจาก:

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1836/biofilms>. 10 มกราคม 2559

ภูมิปัญญาภิวัฒน์. จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย.(ออนไลน์). สืบค้นจาก

[www.budmgt.com/tech/tech01/active-elements-wastewater-treat.html](http://www.budmgt.com/tech/tech01/active-elements-wastewater-treat.html).10 มกราคม 2559

มันสิน ตันตุลเวศม์ และ มันรักษ์ ตันตุลเวศม์ . 2547. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย . พิมพ์ครั้งที่ 2 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ทางโรงเรียนได้ทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กรุณา : โรงเรียนแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

ใยแก้ว. (ออนไลน์) .สืบค้นจาก :

<http://www.arohouse.com/article/?action=view&catID=0000125&pid=0000326>.  
10 มกราคม 2559

บริษัท อินเทอร์เน็ตมาร์เก็ตติ้ง จำกัด. วัสดุกรองชนิดต่างๆ.(2553).วัสดุกรอง.(ออนไลน์) .สืบค้นจาก  
<http://www.pantown.com/board.php?id=56629&area=4&name=board48&topic=9&action=view>. 6 มกราคม 2559

ศูนย์วิจัยและการส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ .(2556).ดัชนีคุณภาพน้ำ.(ออนไลน์) .สืบค้นจาก  
[http://www.softwarethai.co.th/waterreusecenter/index.php?option=com\\_content&view=article&id=99%3A2013-06-17-06-18-44&catid=14%3A&Itemid=21](http://www.softwarethai.co.th/waterreusecenter/index.php?option=com_content&view=article&id=99%3A2013-06-17-06-18-44&catid=14%3A&Itemid=21).  
10 มกราคม 2559

ส่วนวิชาการคุณภาพน้ำกองแผนคุณภาพน้ำ ฝ่ายคุณภาพน้ำ การประปานครหลวง.(2557).การนำไฟฟ้า.(ออนไลน์) .สืบค้นจาก [http://www.mwa.co.th/ewt\\_news.php?nid=13321](http://www.mwa.co.th/ewt_news.php?nid=13321). 10 มกราคม 2559

Aeration Industries International, Inc.2008 .ศึกษาการกำจัดแอมโมเนียตลอดทั้งปี โดยใช้ตัวกลางสำหรับตรึงเซลล์. ตัวแทนในประเทศไทยบริษัท เอ็นวิเทรตเอ็นจิเนียริง จำกัด .

Jillian , K and Isabella , M . 2012 . The Study of Biological Wastewater Treatment through Biofilm Development on Synthetic Material vs.Membranes . United States of America.

Sofia , A . 2009 . Characterization of Bacterial Biofilms for Wastewater Treatment. stockholm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและการเตรียมสารเคมี

ภาคผนวก ก-1 : การวิเคราะห์ค่าความต้องการอากาศของสารเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD) ด้วยวิธีการรีฟลักซ์แบบปิด (Closed Reflux Titrimetric Method)

#### 1. หลักการ

การวัดความสกปรกของน้ำ คิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณอากาศที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยใช้สารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดซ์สูง (โพแทสเซียมไดโครเมต,  $K_2Cr_2O_7$ ) ไปออกซิไดซ์สารอินทรีย์คาร์บอนในสภาวะที่เป็นกรดอย่างแรง ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในสภาวะที่อุณหภูมิสูง ( $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) และใช้การ Reflux แบบปิดเพื่อป้องกันการสูญหายไปของสารที่ระเหยได้

#### 2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เตาให้ความร้อน (heating Block) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่  $150 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
2. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
3. เครื่องชั่ง (balance analytical) ละเอียต 4-5 ตำแหน่ง
4. บิวเรต (burette) พร้อมขาตั้ง
5. หลอดทดลองฝาเกลียวด้วย TFE ขนาด  $15 \times 100\text{ mm}$  หรือ  $16 \times 150\text{ mm}$
6. ตะแกรงสำหรับตั้งหลอดทดลอง
7. ลูกแก้วกันกระเด็น
8. ปิเปตอัตโนมัติ (micro pipette) ขนาด 1- 10mL และ ขนาด 100 – 1,000  $\mu\text{L}$

#### 3. สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตที่ใช้อยู่ละลาย (Standard Potassium dichromate digestion solution) ความเข้มข้น 0.1 N

ชั่งโพแทสเซียมไดโครเมต(Potassium dichromate,  $K_2Cr_2O_7$ ) ชนิดสารมาตรฐานปฐมภูมิ (Primary standard grade) (อบที่อุณหภูมิ  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 2 ชม.) 4.913 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 500 mL เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. Sulfuric acid, conc.  $H_2SO_4$ ) ปริมาตร 167 mL เติมเมอร์คิวรีซัลเฟต (Mercury sulfate,  $HgSO_4$ ) จำนวน 33.3 g ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL ด้วยน้ำกลั่นในขวดที่ปรับปริมาตรนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. สารละลายกรดซัลฟิวริกที่เติมซิลเวอร์ซัลเฟต (Sulfuric acid with silver sulfate) ไม่อนุญาตให้นำไปใช้

ซึ่ง ซิลเวอร์ซัลเฟต (Silver sulfate,  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) 25.3 g ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  5.5 g / 1.0 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) เติมลงใน conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ปริมาตร 2.5 L ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 L = 1.84 kg) ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วันเพื่อให้ละลาย

### 3. สารละลายเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ (Ferriin indicator solution)

ซึ่ง 1-10 ฟีนแอนโทรลีนโมโนไฮเดรต (1-10 Phenanthroline monohydrate,  $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 1.485 g ในน้ำกลั่น 50 mL เติมเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.1 N 1 mL คนให้เข้ากัน เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 mL

### 4. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) ความเข้มข้น 0.05 N

ซึ่งเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต เฮกซะไฮเดรต (Ferrous ammonium sulfate hexahydrate,  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 19.6 g ละลายในน้ำกลั่น เติม conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  20 mL ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นและปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร (สารละลายนี้จะต่อนำไปหาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardize) ทุกครั้งกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต)

### 5. สารมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (Potassium hydrogen phthalate Standard, KHP)

ซึ่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (Potassium hydrogen phthalate,  $\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$ ) 0.425g (อบที่อุณหภูมิ  $103^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 1 ชั่วโมง) ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร (สารละลายนี้จะให้ค่า COD = 5,000 mg/L)

### 6. น้ำกลั่น (Distilled Water :DW)

## 4. ขั้นตอนการทดสอบ

### การหาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardization)

หาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardize) สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ที่ใช้อยู่สลาย โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ปิเปิดสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ที่ใช้อยู่สลาย 0.1 N ปริมาตร 5 mL ลงในขวดรูปกรวย
2. เติมน้ำกลั่น 50 mL
3. ค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริก 15 mL และตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. หยดสารละลายเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด
5. ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) โดยจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลแดง

ตารางที่ ก.1 ปริมาตรตัวอย่างน้ำและสารเคมีสำหรับหลอดแก้วชนิดต่างๆ

ขนาดของหลอดย่อย สลาย	ปริมาตรน้ำ (mL)	ปริมาตรสารละลาย โพแทสเซียมไดโคร เมตสำหรับย่อย สลาย (mL)	สารละลาย กรดซัลฟิวริก (mL)	ปริมาตร รวม(mL)
หลอดแก้ว				
- 16x100 mm	2.5	1.5	3.5	7.5
- 20x150 mm	5.0	3.0	7.0	15.0
- 25x150 mm	10.0	6.0	14.0	30.0
หลอดมาตรฐาน 10 mL	2.5	1.5	3.5	7.5

#### 5. การทดสอบตัวอย่าง (Sample Analysis)

- ล้างหลอดแก้วและฝาด้วยกรดซัลฟิวริก 20% ก่อนใช้ทุกครั้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อน
- เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตที่ใช้ย่อยสลาย 0.1 N จำนวน 1.5 mL ทุกๆ หลอดทดลองและเขย่าให้เข้ากัน
- เติมกรดซัลฟิวริกที่ผสมซิลเวอร์ซัลเฟต จำนวน 3.5 mL ลงในทุกๆ หลอดทดลองโดยค่อยๆ ใส่ให้กรดไหลลงตามด้านข้างของหลอด
- ปิดฝาหลอดให้สนิทค่อยๆ เขย่าเพื่อให้สารเคมีภายในหลอดผสมเข้ากัน (ควรสวมถุงมือเพื่อป้องกันการความร้อนขณะเขย่า)
- นำหลอดทดลองใส่ลงในเตาให้ความร้อน (Heating Block) หรือ ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ตั้งอุณหภูมิ 150 °C แล้วทำการย่อยเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำหลอดทดลองออกจากเตาให้ความร้อน (Heating Block) หรือตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
- เทสารละลายจากหลอดทดลองลงในขวดรูปกรวย เพื่อความสะดวกในการไทเทรต
- หยดสารละลายเฟอร์โรอินดิเคเตอร์ 1-2 หยดแล้วไทเทรตโดยใช้สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.05 N เป็น Titrant และเมื่อถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสีน้ำตาลแดง
- ทุกครั้งต้องทำ Blank โดยทำเหมือนตัวอย่างแต่ให้ใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม

10. บันทึกปริมาณของสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) ที่ใช้ในการไทเทรต

## ภาคผนวก ก-2: การวิเคราะห์หาค่าความต้องการอากาศของสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand : BOD)

### 1. หลักการ

บีโอดี (BOD) เป็นการวัดความสกปรกของน้ำคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจน ( $O_2$ ) ที่ลดลงเนื่องจากจุลชีพจำพวกแบคทีเรีย (Bacteria) นำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์(Organic) โดยการหาค่าความต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำที่วัดได้วันแรก ( $DO_0$ ) กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำเดียวกันที่เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator)  $20 \pm 1^\circ C$  เป็นเวลา 5 วัน ( $DO_5$ )

### 2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดบีโอดีขนาด 300 mL พร้อมจุกแก้วและฝาพลาสติกที่ปิดได้สนิท
2. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 mL
3. บิวเรต ขนาด 50 mL
4. ขวดรูปชมพู่ 500 mL
5. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่  $20 \pm 1^\circ C$
6. ปีเปตขนาดต่างๆ
7. กระจกตวงขนาด 1000 mL
8. อุปกรณ์เติมอากาศ
9. ขวดปรับปริมาตรขนาด 200 mL (ปรับปริมาตรเป็น 201 mL)

### 3. สารเคมี

1. น้ำกลั่น (Distilled Water :DW)
2. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ( $CaCl_2$ )  
เตรียมโดยละลายแคลเซียมคลอไรด์( $CaCl_2$ ) 27.5 g ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 L
3. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ( $FeCl_3$ )  
เตรียมโดยละลายเฟอร์ริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) 0.50 g ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 L
4. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ( $MgSO_4$ )  
เตรียมโดยละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) 22.5 g ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 L
5. สารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต pH 7.2  
เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $KH_2PO_4$ ) 8.50 g, ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $K_2HPO_4$ ) 21.75 g , โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต ( $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ ) 33.40 g และแอมโมเนียมคลอไรด์ ( $NH_4Cl$ ) 1.70 g ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 L
6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $NaOH$ ) 1 N

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40g ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1000 mL ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

7. สารละลายกรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) 1 N

เติมกรดซัลฟิวริกปริมาตร 28 mL ลงในน้ำกลั่นประมาณ 600 mL และปรับปริมาตรเป็น 1000 mL ในขวดปรับปริมาตร

8. สารละลายกลูโคสและกลูตามิก

นำกลูโคสและกลูตามิกไปอบแห้งที่  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปใส่ในโถดูดความชื้น จากนั้น ชั่งกลูโคสและกลูตามิก อย่างละ 150 mg นำไปละลาย แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 L

9. สารละลายอัลคาไลน์ ไอโอดด์ เอไซด์

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 g หรือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 700 g และโซเดียมไอโอดด์ (NaI) หรือ โพแทสเซียมไอโอดด์ (KI) 150 g เจือจางให้ได้ 950 mL และทำให้เย็น ค่อยๆเติมสารละลายโซเดียมเอไซด์ ( $NaN_3$ ) 10 g ที่ละลายในน้ำกลั่น 40 mL อย่างช้าๆ เจือจางจนได้ปริมาตร 1 L เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาหรือจุกยาง (สารละลายนี้ต้องไม่มีสี เมื่อหยดน้ำแบ่งลงไปทดสอบ ถ้าน้ำแบ่งเปลี่ยนสีต้องเตรียมใหม่)

10. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต ( $MnSO_4$ )

ละลายแมงกานีสซัลเฟตเทตระไฮเดรต ( $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ ) จำนวน 400 g หรือ แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต ( $MnSO_4 \cdot H_2O$ ) จำนวน 364 g ลงในน้ำกลั่น กรองส่วนที่ไม่ละลายออก และเจือจางจนได้ปริมาตรเป็น 1 L (เมื่อตรวจสอบต้องไม่เกิดสีกับน้ำแบ่ง ถ้าเติมลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอดด์ (KI) ที่มีฤทธิ์เป็นกรด)

11. สารละลายมาตรฐานปฐมภูมิไบโอไอโอดด์ ( $KH(IO_3)_2$ )

ละลาย  $KH(IO_3)_2$  0.0813 g ในน้ำ ใส่ขวดปรับปริมาตรแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL

12. สารละลายมาตรฐานสต็อกโซเดียมไธโอซัลเฟต ( $Na_2S_2O_3$ ) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ) จำนวน 24.82 g ในน้ำกลั่นแล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 g หรือคลอโรฟอร์ม 5 mL เพื่อการเก็บไว้ใช้นานๆ แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 L เมื่อใช้งานให้เจือจางเป็น 0.025 N และทำการหาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardize) กับสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิไบโอไอโอดด์ ( $KH(IO_3)_2$ )

13. อินดิเคเตอร์ น้ำแบ่ง

ละลายแป้งมัน (Soluble Strach) 2 g ในน้ำกลั่น 100 mL 2-3 นาที เติมกรดซาลิซิลิก 0.2 g เพื่อช่วยในการเก็บรักษาไว้ใช้นานๆ และเก็บไว้ที่มีอุณหภูมิต่ำ

4. ขั้นตอนการทดสอบ

น้ำที่ใช้ในการเจือจาง ชุดควบคุม (Blank Set)

1. บรรจุน้ำที่ใช้ในการเจือจางลงขวดปิโอดี 3 ขวดให้เต็มขวดด้วยวิธีการกักน้ำและให้ค่อยๆ ไหลรินลงตามคอขวด ระวังไม่ให้มีฟองอากาศตกค้างภายในขวด แล้วปิดจุกแก้ว

2. ขวดที่ 1 ทำการวัดค่าดีไอทันทันที เป็นค่า  $DO_0$

3. ขวดที่ 2 นำไปบ่มที่  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่า DO เป็นค่า  $DO_5$  ขณะที่บ่มต้องมี

เอกสาร น้ำที่ล่องบนฝาจุกแก้วและปิดจุกพลาสติกครอบที่จุกแก้วอีกครั้ง เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำที่ล่องร้าว ไม่ให้เนื้อจุกแก้ว ลื่น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่า  $DO_0 - DO_5$  ต้องมีค่าน้อยกว่า 0.1 mg/L ถ้ามีค่ามากกว่าแสดงว่า น้ำที่ใช้ในการเจือจางมีผลต่อความถูกต้องในการวัด

#### สารละลายมาตรฐานกลูโคสและกรดกลูตามิก

1. ใช้วิธีการเจือจางโดยตรง ปิเปตสารละลายกลูโคสและกรดกลูตามิกมา 5 mL ลงในขวดปิเอตี เติมน้ำที่ใช้ในการเจือจางลงไป 3 ขวด ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศภายใน เช่นเดียวกับการบรรจุน้ำที่ใช้ในการเจือจาง

2. คว่ำขวดสลัหงายขวดให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกันทั่วทั้งขวด เติมน้ำที่ใช้สำหรับการเจือจางหล่อไว้ที่จุกแก้วด้วย

3. ขวดที่ 1 ทำการวัดค่าดีไอทันทันที เป็นค่า  $DO_0$

4. ขวดที่ 2 และ 3 นำไปบ่มที่ 20 °C เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่า DO เป็นค่า  $DO_5$

5. คำนวณหาค่า BOD

#### น้ำตัวอย่าง

1. เก็บน้ำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มายังห้องปฏิบัติการ แล้วบันทึกข้อมูลแหล่งน้ำที่เก็บมาอย่างละเอียด

2. ตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพ เช่น สี, ความขุ่น, กลิ่น, ค่าพีเอช, ข้อมูลของแหล่งน้ำ เพื่อใช้ตัดสินใจในการเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเจือจางว่าควรเจือจางเท่าไร

3. เตรียมตัวอย่างน้ำตามทฤษฎี เช่น การปรับพีเอช การกำจัดคลอรีนตกค้าง การเจือจางหรืออื่นๆ จากนั้นจึงถ่ายน้ำลงขวดปิเอตีตามวิธีชุดละ 3 ขวด โดยขวดที่ 1 หาค่า DO ทันทันที เป็นค่า  $DO_0$  อีก 2 ขวด นำไปบ่มที่ 20 °C เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่า DO เป็นค่า  $DO_5$  กรณีที่ไม่ต้องเจือจาง กรณีที่ต้องเจือจาง จะต้องทำ 3 ชุดของความเข้มข้น ดูได้จากตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.2 การเลือกเจือจางน้ำตัวอย่างให้เหมาะสมในการหาค่า BOD

เปอร์เซ็นต์การเจือจางตัวอย่างน้ำ (%)	ช่วงค่า COD (mg/L)
0.01	20,000 – 70,000
0.02	10,000 – 35,000
0.05	4,000 – 14,000
0.1	2,000 – 7,000
0.2	1,000 – 3,500
0.5	400 – 1,400
1	200 – 700
2	100 – 350
5	40 – 140
10	20 – 70
20	10 – 35
50	4 – 14
100	0 - 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ภาคผนวก ก-3: การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid : SS)

#### 1. หลักการ

ของแข็งทั้งหมด (TS) หมายถึง ปริมาณสารที่เหลืออยู่ในภาชนะหลังจากน้ำระเหยออกจากตัวอย่างหมดแล้วและนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105°C จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นลงในโถทำแห้ง (Desiccator) แล้วชั่งน้ำหนัก น้ำหนักส่วนที่เพิ่มคือน้ำหนักของของแข็งที่มีหน่วยเป็น mg/L

#### 2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบ (Oven) ควบคุมอุณหภูมิได้ 103 –105 °C
2. โถทำแห้ง (Desiccator)
3. เครื่องชั่งละเอียด (Analytical balance) ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. กระดาษกรองใยแก้ว
5. อุปกรณ์ชุดกรอง
6. เครื่องดูดอากาศ (Suction pump)

#### 3. ขั้นตอนการทดสอบ

1. อบกระดาษกรอง ให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 –105 °C นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นใน Desiccator ประมาณ 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก จดค่าน้ำหนักที่ได้
2. วางกระดาษกรองบนกรวยในชุดกรอง ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศโดยใช้คีมหนีบ โดยให้ด้านขรุขระของกระดาษกรองอยู่ด้านบน
3. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกแล้วเปิดเครื่องดูดอากาศเพื่อให้กระดาษกรองติดแน่นกับกรวยในชุดกรอง
4. เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี แล้วเทตัวอย่างน้ำใส่กระบอกตวงให้ได้ 50-100 mL
5. กรองตัวอย่างน้ำที่เตรียมไว้ โดยใช้ เครื่องดูดอากาศแล้วล้างเครื่องกรองด้วยน้ำกลั่นประมาณ 10 mL เปิดเครื่อง ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่อาจติดอยู่ข้างกระบอกตวง และชุดกรองจนหมด รอจนกว่ากระดาษกรองแห้ง แล้วจึงปิดเครื่องดูดอากาศ
6. นำกระดาษกรองวางบนถ้วยโดยใช้คีมหนีบ แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 –105 °C นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน Desiccator และชั่งน้ำหนัก

#### 4. การคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอย(SS)} = \frac{(A - B) \times 1000}{C}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 A = น้ำหนักกระดาษกรองและสารแขวนลอย (mg)  
 B = น้ำหนักกระดาษกรอง (mg)  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ถือว่าห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$C$  = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้ (mL)

#### ภาคผนวก ก-4: การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solid: TDS)

##### 1. หลักการ

ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด(TDS) หมายถึง ส่วนของตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระดาษกรองใยแก้ว แล้วนำไปใส่ถ้วยระเหย และนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105°C จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นลงในโถทำแห้ง (Desiccator) แล้วชั่งหาน้ำหนัก น้ำหนักส่วนที่เพิ่มคือน้ำหนักของของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่มีหน่วยเป็น mg/L

##### 2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบ (Oven) ควบคุมอุณหภูมิได้ 103 –105 °C
2. โถทำแห้ง (Desiccator)
3. เครื่องชั่งละเอียด (Analytical balance) ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. กระดาษกรองใยแก้ว
5. อุปกรณ์ชุดกรอง
6. เครื่องดูดอากาศ (Suction pump)
7. ถ้วยระเหย

##### 3. ขั้นตอนการทดสอบ

1. นำถ้วยระเหยไปอบที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นและชั่งหาน้ำหนัก
2. ตวงน้ำส่วนที่เหลือจากการกรอง ในการหาสารแขวนลอย(SS)
3. ตวงน้ำมาใส่ถ้วยระเหย
4. นำถ้วยระเหยไประเหยน้ำให้แห้งบนเครื่องอังน้ำ
5. นำเข้าตู้อบ 103 – 105 °C 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นและชั่งน้ำหนัก

##### 4. การคำนวณ

$$\text{ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)} = \frac{(A - B) \times 1000}{C}$$

$A$  = น้ำหนักถ้วยระเหยหลังการทดลอง (mg)

$B$  = น้ำหนักถ้วยระเหยก่อนการทดลอง (mg)

$C$  = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้ (mL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก-5: การวิเคราะห์หาน้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease : FOG)

### 1. หลักการ

การวัดปริมาณไขมันและน้ำมันไม่ได้เป็นการวัดปริมาณสารไขมันทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำ แต่เป็นการวัดปริมาณของสารไขมันต่างๆ ที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายบางชนิด เช่น เฮกเซน (Hexane) หรือ ฟรีออน (Freon) ดังนั้น ไขมันและน้ำมันในที่นี่จะหมายถึงสารประกอบไฮโดรคาร์บอน กรดไขมัน สบู่ ไขมัน ซีผึ้ง น้ำมัน รวมทั้งสารอื่นๆ ซึ่งสามารถสกัดได้โดยตัวทำละลายจากตัวอย่างที่ถูกทำให้เป็นกรดแล้ว และสารนั้นจะต้องไม่กลายเป็นไอในระหว่างการระเหยตัวทำละลาย

### 2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กรวยแยก (Separator funnel) ขนาด 500 mL
2. ถ้วยระเหย (Evaporating dish)
3. เครื่องอังน้ำ (Water bath)
4. กระจาดทรง เบอร์ 40 ขนาด 11 cm
5. กรวยกรอง (Funnel)
6. บีกเกอร์ขนาด 600 mL และ 100 mL
7. เครื่องชั่งละเอียด
8. โถทำแห้ง (Desiccator)

### 3. สารเคมี

1. กรดกำมะถันเข้มข้น (ConC.  $H_2SO_4$ )
2. เฮกเซน(Hexane)
3. โซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ (sodium sulfate Anhydrous)

### 4. ขั้นตอนการทดสอบ

1. ล้างเครื่องแก้วทุกชนิดด้วยเฮกเซน เพื่อขจัดคราบน้ำมันและไขมันที่อาจติดเครื่องแก้วได้
2. เทตัวอย่างน้ำที่ทราบปริมาตร (500 mL) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 mL เติมกรดกำมะถันเข้มข้นจนพีเอชน้อย น้อยกว่า 2 (หรือประมาณ 2 mL ต่อตัวอย่างน้ำ 1 L)
3. เทตัวอย่างใส่กรวยแยก เติมเฮกเซน จำนวน 10-15 mL เขย่าอย่างแรงประมาณ 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ สารผสมจะแยกชั้นกันชั้นเฮกเซนจะอยู่ส่วนบน ส่วนตัวอย่างน้ำจะอยู่ส่วนล่าง
4. ถ่ายชั้นตัวอย่างน้ำไว้ในบีกเกอร์ เพื่อนำมันมาสกัดอีก
5. ถ่ายชั้นของเฮกเซนซึ่งน้ำมันและไขมันละลายอยู่ผ่านกรวยกรองที่มีโซเดียมซัลเฟตบนกระจาดกรองลงในถ้วยระเหยซึ่งได้ทำให้แห้ง มีน้ำหนักคงที่และได้ชั่งหนักไว้แล้วสมมติให้เป็น Ag

6. ทำการสกัดซ้ำด้วยวิธีเดียวกันนี้อีกหลายๆครั้ง จนกระทั่งน้ำมันและไขมันถูกสกัดออกจากน้ำ

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำถ้วยระเหยซึ่งมี เสกเซน น้ำมันและไขมัน ละลายน้ำอยู่ ไประเหยเอา เสกเซนออกบนเครื่องอังน้ำที่อุณหภูมิ 70 °C จนแห้งปราศจากความชื้น แล้วปล่อยให้เย็นลงในโถทำแห้ง ประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนักสมมติเป็น B g

#### 5. การคำนวณ

$$\text{ไขมันและน้ำมัน(FOG)} = \frac{(A - B) \times 10^6}{C}$$

A = น้ำหนักถ้วยระเหยหลังการทดลอง (mg)

B = น้ำหนักถ้วยระเหยก่อนการทดลอง (mg)

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้ (mL)

ภาคผนวก ก-6: การวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen: TN) ด้วยเครื่อง TOC-VCPH/CPN

#### 1. หลักการ

เป็นการเผาไหม้สารละลายด้วยความร้อน 700°C ภายในท่อที่เต็มไปด้วยก๊าซออกซิเจน ที่มีแพลตินัมนับเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ก๊าซที่ได้จะถูกวัดด้วยแสงอินฟราเรด(NDIR)

#### 2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องTOC-VCPH/CPN
2. เครื่องASI
3. ขวดvial
4. ขวดปรับปริมาตร 100 mL
5. ปิเปตขนาด 5 mL
6. ลูกยาง
7. บีกเกอร์
8. หลอดฉีดยา
9. syringe filter

#### 3. สารเคมี

1. Ultra pure water
2. น้ำกลั่น

#### 4. ขั้นตอนการทดสอบ

1. ปิเปตน้ำตัวอย่างมา 5 mL ใส่ ขวดปรับปริมาตร 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตูดน้ำตัวอย่างที่เจือจางแล้วด้วยหลอดฉีดยา กรองด้วยตัวกรองใส่ขวดvial
3. เปิดเครื่อง TOC-VCPH/CPN รอจนอยู่ในสถานะพร้อมใช้งาน
4. เปิดฝาเครื่อง ASI นำขวดvial ไปใส่ในช่อง ปิดฝาเครื่อง
5. บันทึกผลการตรวจวัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

## ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ ข.1 ตารางผลการวัดค่า pH

สัปดาห์ที่	ก่อนการบำบัด	1	2	3	4	5	6	7
ตัวกรองไม่ติดกับปั๊มน้ำ	7.5	7.98	6.05	7.32	7.50	7.51	7.42	7.56
ตัวกรองไม่ติดกับปั๊มน้ำ+อากาศ	7.5	8.02	5.09	6.94	6.90	6.40	6.24	6.35
ตัวกรองติดกับปั๊มน้ำ+อากาศ	7.5	6.59	6.42	6.65	6.68	6.78	6.58	6.52
ตัวกรองติดกับปั๊มน้ำ	7.5	6.42	5.66	6.81	6.74	7.31	7.22	7.30

ตารางที่ ข.2 ตารางผลการวัดค่าการนำไฟฟ้า

สัปดาห์ที่	ก่อนการบำบัด	1	2	3	4	5	6	7
ตัวกรองไม่ติดกับปั๊มน้ำ	769	565	772	668	886	932	887	889
ตัวกรองไม่ติดกับปั๊มน้ำ+อากาศ	769	568	650	643	883	943	816	853
ตัวกรองติดกับปั๊มน้ำ+อากาศ	769	506	689	618	885	982	856	872
ตัวกรองติดกับปั๊มน้ำ	769	538	627	653	841	978	894	890

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ตารางผลการวัดค่าไขมันและน้ำมัน

สัปดาห์ที่	ก่อนการ บำบัด	1	2	3	4	5	6	7
ตัวกรองไม่ติด กับปื้มน้ำ	52.7	5.6	2	1	2.6	1.3	0.75	0.2
ตัวกรองไม่ติด กับปื้มน้ำ+ อากาศ	52.7	11	0	0	1	0.25	0	0
ตัวกรองติดกับ ปื้มน้ำ+อากาศ	52.7	8.4	0.8	0.2	1.8	0.5	0	0
ตัวกรองติดกับ ปื้มน้ำ	52.7	5	0.2	0	2	1.6	1.2	0.81

ตารางที่ ข.4 ตารางผลการวัดค่าของแข็งแขวนลอย

สัปดาห์ที่	ก่อนการ บำบัด	1	2	3	4	5	6	7
ตัวกรองไม่ ติดกับปื้มน้ำ	35.75	16.25	0	0	3.25	4	9.25	4.4
ตัวกรองไม่ ติดกับปื้มน้ำ+อากาศ	35.75	7.75	0	0	5	0	0.25	0
ตัวกรองติด กับปื้มน้ำ+ อากาศ	35.75	21.75	0	0	0	0	1	0.83
ตัวกรองติด กับปื้มน้ำ	35.75	19.25	0	0	3.25	2.15	2.45	1.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ตารางผลการวัดค่าของแข็งละลายน้ำ

สัปดาห์ที่	ก่อนการบำบัด	1	2	3	4	5	6	7
ตัวกรองไม่ติดกับปั้มน้ำ	570	345	324	356	368	450	390	495
ตัวกรองไม่ติดกับปั้มน้ำ+อากาศ	570	395	358	311	352	410	465	415
ตัวกรองติดกับปั้มน้ำ+อากาศ	570	405	374	347	380	425	440	460
ตัวกรองติดกับปั้มน้ำ	570	415	389	364	372	430	445	530

ตารางที่ ข.6 ตารางผลการวัดค่าไนโตรเจนทั้งหมด

สัปดาห์ที่	ก่อนการบำบัด	1	2	3	4	5	6	7
ตัวกรองไม่ติดกับปั้มน้ำ	21.645	18.08	14.2	15.1	18.85	22.55	20.49	24.56
ตัวกรองไม่ติดกับปั้มน้ำ+อากาศ	21.645	14.98	15.94	18.09	19.19	23.01	23.47	28.74
ตัวกรองติดกับปั้มน้ำ+อากาศ	21.645	18.03	14.66	21.95	23.17	29.31	28.34	23.93
ตัวกรองติดกับปั้มน้ำ	21.645	18.14	13.91	15.06	16.78	20.7	19.95	34.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 ตารางผลการวัดค่าซีไอดี

สัปดาห์ที่	ก่อน การ บำบัด	1	2	3	4	5	6	7
ตัวกรอง ไม่ติดกับ ปั้มน้ำ	405.76	302.016	294.272	162.624	124.3	102.5	75.641	49.876
ตัวกรอง ไม่ติดกับ ปั้มน้ำ+ อากาศ	405.76	162.624	147.136	77.44	65.253	56.9	50.79	38.98
ตัวกรอง ติดกับปั้มน้ำ+ อากาศ	405.76	247.808	185.856	123.904	111.56	86.543	75.63	62.384
ตัวกรอง ติดกับปั้มน้ำ	405.76	348.48	332.992	170.368	148.9	98.67	84.56	76.534

ตารางที่ ข.8 ตารางผลการวัดค่าบีไอดี

สัปดาห์ที่	ก่อน การ บำบัด	1	2	3	4	5	6	7
ตัวกรองไม่ติด กับปั้มน้ำ	348.17	284.17	253	185.83	82.67	50.17	20.83	12.83
ตัวกรองไม่ติด กับปั้มน้ำ+ อากาศ	348.17	233.17	194.67	124.17	78.50	59.33	17.92	12.00
ตัวกรองติดกับ ปั้มน้ำ+อากาศ	348.17	264.33	196.50	167.50	80.50	64.00	18.67	12.17
ตัวกรองติดกับ ปั้มน้ำ	348.17	309.33	262.83	215.67	127.83	93.00	20.83	13.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

## มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	มาตรฐาน
1. ความเป็นกรดและด่าง (pH)	5.5 -9.0
2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) *	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ของแข็งแขวนลอย(Suspended Solids) **	ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร
6. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

หมายเหตุ : \*กรณีหน่วยบำบัดสุดท้ายเป็นบ่อเสถียร(Stabilization Pond)หรือบ่อฝิ่ง (Oxidation Pond) ให้ใช้ค่าบีโอดี ของน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว (Filtrate BOD) การกรองตัวอย่างน้ำเพื่อหาค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว(Glass Fiber Filter Disk) ที่ใช้กระบวนการ การกรองเพื่อหาค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) ก่อนทำการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ฉบับล่าสุด

\*\* กรณีหน่วยบำบัดสุดท้ายเป็นบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) หรือบ่อฝิ่ง (Oxidation Pond) ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

-การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนให้เป็นไปตามStandard Methods for the Examination of Water and Westewater ฉบับล่าสุด ซึ่งAmerican Public Health Association, American Water Work Association และ Water Environment Federation ร่วมกันกำหนดไว้ หรือตามวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา ทั้งนี้ให้เลือกใช้วิธีวิเคราะห์ตามความเหมาะสมกับลักษณะและสภาพของตัวอย่างน้ำ

แหล่งที่มา : ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ลงวันที่ 7 เมษายน 2553 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 127 ตอนพิเศษ 69 ง วันที่ 2 มิถุนายน 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## มาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร

ตารางที่ ค.2 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร

ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร				
ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง		วิธีการตรวจสอบ
		ที่ดินจัดสรรเกิน 100 แปลงแต่ไม่เกิน 500 แปลง	ที่ดินจัดสรรเกิน กว่า 500 แปลงขึ้นไป	
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5.5-9.0	5.5-9.0	- ใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH Meter)
2. บีโอดี (BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 20	- Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ ให้ความเห็นชอบ
3. ปริมาณของแข็ง (Solids)				
- ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 30	- กรองผ่าน Glass Fiber Filter Disc
- ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	- วิธีการจมตัวของตะกอนสู่ก้นกรวยอิมฮอฟ (Imhoff Cone) ปริมาตร 1,000 ลบ.ซม. ในเวลา 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สารที่ละลายได้ทั้งหมด* (Total Dissolved Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	- ระเบียบแห่งที่ อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. ซัลไฟด์ (Sulfide)	มก./ล.	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	- การไตเตรต (Titration)
5. ไนโตรเจนในรูปที่ เค เอ็น (TKN)	มก./ล.	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 35	- วิธีการเจลดดาห์ล (Kjeldahl)
6. น้ำมันและไขมัน (Fat , Oil and Grease)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	- การสกัดด้วยตัวทำละลาย

- หมายเหตุ :
- 1.\* เป็นค่าที่เพิ่มจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ตามปกติวิธีการตรวจมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรรให้เป็นไปตามวิธีการมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์น้ำเสียใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ร่วมกันกำหนดไว้
  2. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 5 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรรและประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดให้ที่ดินจัดสรรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไปเล่ม 113 ตอนพิเศษ 8 ง วันที่ 27 มีนาคม 2539 ยกเลิก ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรฯ (ก/)

- แหล่งที่มา :
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125 ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548 ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้ที่ดินจัดสรรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125 ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานหอการค้าไทยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน

ตารางที่ ค.3 ค่ามาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำ  
ชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์กำหนด สูงสุด)
1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5-8.5
2. ความนำไฟฟ้า	ไมโครโมล/ ชม.	2,000
3. ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS)	มก./ล.	1,300
4. บีโอดี (BOD5) มิลลิกรัม/ลิตร	มก./ล.	20
5. สารแขวนลอย (SS)	มก./ล.	30
6. ซัลไฟด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Sulfide as H <sub>2</sub> S)	มก./ล.	1.0
7. ไซยาไนต์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจน ไซยาไนด์ (cyanide as HCN)	มก./ล.	0.2
8. น้ำมันและไขมัน (Fat ,Oil and Grease)	มก./ล.	5.0
9. ฟอรัลดีไฮด์ (formaldehyde)	มก./ล.	1.0
10. ฟีนอลและ/หรือครีโซล (Phenol & Cresols)	มก./ล.	1.0
11. คลอรีนอิสระ (Free chlorine)	มก./ล.	1.0
12. ยาฆ่าแมลงและสารกำมันตรังสี	มก./ล.	ไม่มีเลย
13. สี และกลิ่นที่ระบายลงสู่ทางน้ำชลประทาน (Colour and Odour)	-	ไม่เป็นที่น่า รังเกียจ
14. น้ำมันทาร์ (Tar)	-	ไม่มีเลย
15. ค่าอุณหภูมิ	องศา เซลเซียส	40
16. Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	มก./ล.	35
17. Dissolved Oxygen (DO)	มก./ล.	2.0
18. Chemical Oxygen Demand (COD)	มก./ล.	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. โลหะหนัก	มก./ล.	
- สังกะสี(Zn)		5.0
- โครเมียม(Cr)		0.3
- อาร์เซนิก(As)		0.25
- ทองแดง(Cu)		1.0
- ปรอท(Hg)		0.005
- แคดเมียม(Cd)		0.003
- แบเรียม(Ba)		1.0
- เซลิเนียม(Se)		0.02
- ตะกั่ว(Pb)		0.1
- นิกเกิล(Ni)		0.2
- แมงกานีส(Mn)		5.0

แหล่งที่มา : คำสั่งกรมชลประทานที่ 73/2554 เรื่อง แก้ไขการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำ  
ชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการ  
ชลประทาน ลงวันที่ 1 เมษายน 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้