การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ด้วยวิธีตรึง และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด

AN EFFICIENCY COMPARISON OF FOOD-INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT WITH BIOFILM AND SUSPENDED MICROORGANISM IN CLOSED SYSTEM

นางสาวชนิษฐา ยุพากิ่ง

นางสาวนิสาชล พันธุ์พราหมณ์

นางสาวสกาวรัตน์ คงทรัพย์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ด้วยวิธีตรึง และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด

AN EFFICIENCY COMPARISON OF FOOD-INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT WITH BIOFILM AND SUSPENDED MICROORGANISM IN CLOSED SYSTEM

T149067

นางสาวขนิษฐา ยุพากิ่ง
นางสาวนิสาชล พันธุ์พราหมณ์
นางสาวสกาวรัตน์ คงทรัพย์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 149067
วัน,เดือน,ปี 27 ส.ค. 2560

b.12879290
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN EFFICIENCY COMPARISON OF FOOD-INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT WITH BIOFILM AND SUSPENDED MICROORGANISM IN CLOSED SYSTEM

Khanitha Yupaking

Nisachon Punprarm

Sakawrat Khongsub

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารด้วยวิธีตรึง และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด An efficiency comparison of Food-Industrial Wastewater Treatment with Biofilm and Suspended Microorganism in closed system
ชื่อนักศึกษา	นางสาวขนิษฐา ยุพากิ่ง นางสาวนิสาชล พันธุ์พราหมณ์ นางสาวสกาวรัตน์ คงทรัพย์
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
อ.ปัทมา ลีพหาวงศ์	
ดร.ศิริขวัญ พลประทีป	
ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารด้วยวิธีตรึง และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด
ชื่อนักศึกษา	นางสาวขนิษฐา ยุพากิ่ง รหัส 55050888 นางสาวนิสาชล พันธุ์พราหมณ์ รหัส 55050943 นางสาวสกาวรัตน์ คงทรัพย์ รหัส 55051014
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันวิธีการบำบัดน้ำเสีย มีได้หลายวิธีทั้งทางเคมี ทางชีววิทยา ทางกายภาพ และทางกายภาพ-เคมี โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารด้วยวิธีตรึง และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิดซึ่งในระบบบำบัดนี้จะแบ่งถังบำบัดออกเป็น 4 ถังโดยถังที่ 1 จะ ไม่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ ไม่มีตัวกลาง ถังที่ 2 จะมีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ มีตัวกลาง ถังที่ 3 จะมีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ ไม่มีตัวกลาง และ ถังที่ 4 จะมีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ มีตัวกลาง โดยปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้เติม 50 มิลลิลิตร ในน้ำเสีย 50 ลิตร และตัวกลางที่ใช้คือผ้าอวนไนลอน โดยจะทำการเก็บน้ำตัวอย่างทุกๆ 7 วันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ นำมาตรวจคุณภาพน้ำให้ผลดังนี้ พบว่าถังที่ 3 คือ ถังที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ ไม่มีตัวกลาง มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียมากที่สุด ได้ค่าปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในน้ำ(BOD) มีค่าต่ำสุดที่ 2.92 mg/l ปริมาณความสกปรกของน้ำเสีย(COD) มีค่าต่ำสุดที่ 50.6 mg/l ปริมาณไขมันและน้ำมัน(Oil and Grease) มีค่าต่ำสุดที่ 2.5 mg/l และ ปริมาณไนโตรเจน (Total Nitrogen) มีค่าต่ำสุดที่ 8.369 mg/l ส่วนค่าของแข็งแขวนลอย(SS) มีค่าต่ำสุดที่ 0.0225 mg/l ของแข็งละลายน้ำ(TDS) มีค่าต่ำสุดที่ 1.396 mg/l ซึ่งจะเห็นว่าน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดจะมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงานที่กำหนดไว้ สามารถปล่อยสู่แหล่งน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	An efficiency comparison of Food-Industrial Wastewater Treatment with Biofilm and Suspended Microorganism in closed system
Students	Khanitha Yupaking Student ID 55050888
	Nisachon Punpram Student ID 55050943
	Sakawrat Khongsub Student ID 55050943

Degree	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)
Department	Chemistry
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2015
Advisor	**Dr. Tippachai Wattanawicharn**

Abstract

Presently, there are various methods of wastewater treatment- chemical, biological, physical and physical – chemical processes. The objective of this research was to compare the efficiency of fixed film and suspended systems for wastewater treatment from food industry. In the system, there were four tanks: for the tank no.1, microbial inoculum and medium were not added; for the tank no.2, microbial inoculum and medium were added; for the tank no.3, microbial inoculum were added but medium were not added; for the tank no.4, 50 ml of microbial inoculum were added in 50 liters of wastewater and medium were added. The nylon was used medium. Wastewater was collected every 7 days for 8 weeks. The results of water quality measurement showed that tanks no.3, microbial inoculum were added but medium were not added was the best efficiency wastewater treatment. The results of analyzing parameters at the end of an experiment period showed that the Biological Oxygen Demand(BOD) had the lowest at 2.92 mg/l. The Chemical Oxygen Demand (COD) had the lowest at 50.6 mg/l. The Suspended Solid (SS) had the lowest at 0.0225 mg/l. The Total Dissolve Solid (TDS) had the lowest at 1.396 mg/l. The Oil and Grease had the lowest at 2.5 mg/l. The Total Nitrogen(TN) had the lowest at 8.369 mg/l. Obviously, the post-treatment wastewater could be released to water source since it met the standard criteria set by Department of Industrial Works.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์ ซึ่งให้ความกรุณาเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และให้ความช่วยเหลือดูแล ทั้งความรู้คำแนะนำ คำปรึกษาและความช่วยเหลือต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและดำเนินการวิจัยการจัดทำรูปเล่ม ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณวีระพงษ์ วงษ์โท หัวหน้า บริษัท โกลบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด เขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องของน้ำเสียที่นำมาใช้การบำบัด

ขอขอบพระคุณ คุณเอกพล จันทร์เปรม นักเคมี บริษัท โกลบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด เขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง ที่ให้แนวคิดในเรื่องการทำการตรึงจุลินทรีย์ระบบปิดและความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

ขอขอบพระคุณ คุณปราณี บุญวัฒน์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่อง Total Organic Carbon และ Total Nitrogen

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ประจำคณะวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขนิษฐา ยุพากิ่ง
นิสาชล พันธุ์พราหมณ์
สกาวรัตน์ คงทรัพย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง-ฉ

สารบัญตาราง ช

สารบัญรูป ซ-ฌ

คำย่อ/สัญลักษณ์ (ถ้ามี) ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย/ปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 การดำเนินงานวิจัย 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 น้ำเสีย 3

2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย 3

2.1.2 ประเภทของน้ำเสีย 3

2.1.3 ลักษณะที่สำคัญของน้ำเสีย 3

2.1.4 การบำบัดน้ำเสีย 4

2.1.5 ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย 4

2.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ 5

2.2.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน 5

2.2.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน 7

2.3 จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย 9

2.4 ตัวกลางที่ใช้ยึดเกาะ 11

2.5 การเก็บตัวอย่างน้ำ 13

2.5.1 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ 13

2.5.2 ภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ 14

2.5.4 ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำ 14

2.5.5 ประเภทของตัวอย่างน้ำ 15

2.5.6 ช่วงระยะเวลาระหว่างการเก็บวิเคราะห์ 15

2.5.7 วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษา 15

2.5.8 ข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ 16

2.5.9 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ 16

2.6 พารามิเตอร์ 17

2.6.1 pH 17

2.6.2 อุณหภูมิน้ำ 17

2.6.3 ค่าการนำกระแสไฟฟ้า 18

2.6.4 BOD 18

2.6.5 COD 19

2.6.6 ของแข็ง (Solid) 19

2.6.7 Total Nitrogen 20

2.6.8 Oil & Gress 20

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 21

3.1 แหล่งที่มาของน้ำเสีย 21

3.1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ 21

3.1.2 การบำบัดน้ำเสีย 22

3.2.แบบจำลองถังบำบัด 26

3.3. สารเคมีที่ใช้ 27

3.4. อุปกรณ์ 27

3.5.การดำเนินการทดลอง 29

3.5.1.การสร้างถังบำบัดน้ำเสีย 29

3.5.2. การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย 29

3.5.3. ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียตัวอย่าง 29

3.5.4.สรุปผลการดำเนินงาน 29

3.6วิธีการวิเคราะห์ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 31

4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด 31

4.2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด 31

4.3 ผลการศึกษาค่า pH ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด 32

4.4 ผลการศึกษาค่า Conduct ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด 33

4.5 ผลการศึกษาค่า COD ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด 34

4.6 ผลการศึกษาค่า BOD ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด 35

4.7 ผลการศึกษาค่า Suspended Solid ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด 36

4.8 ผลการศึกษาค่า Total Dissolves Solid ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด 37

4.9 ผลการศึกษาค่า Oil and Grease ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด 38

4.10 ผลการศึกษาค่า Total Nitrogen ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด 39

4.11 วิจารณ์ผลการวิจัย 40

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 41

5.1 สรุปผลการวิจัย 41

5.2 ข้อเสนอแนะ 41

เอกสารอ้างอิง 42

ภาคผนวก 44

ภาคผนวก ก 45

ภาคผนวก ข 49

ภาคผนวก ค 61

ภาคผนวก ง 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะทั่วไปและความสามารถของตัวกลางต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เทียบกับชุดควบคุม	11
2.2 การประมาณค่า BOD	16
4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด	26
4.2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เชื้อแบคทีเรียประเภท Facultative Bacteria	8
2.2 หัวเชื้อจุลินทรีย์	9
2.3 ชนิดของตัวกลางที่ใช้ในการทดลอง ชนิดa ไบโอบอล ชนิดb เปลือกหอยนางรม ชนิดc แผ่นอวนไนลอนชนิดทอไม่มีปมและ ชนิดd หินภูเขาไฟ	10
2.4 ติดตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเทรตจากถังปฏิกริยาที่บรรจุตัวกลาง 4 ชนิด เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีตัวกลาง ที่มีความเข้มข้นของ NO_3-N 100 มก/ล ที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที	11
3.1 แผนที่ตั้งของหน่วยงาน GUSCO	18
3.2 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง เฟส 1และ 2	19
3.3 ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย	20
3.4 บ่อเก็บตะกอน	21
3.5 การรีดน้ำออกจากตะกอน	21
3.6 ถังบำบัดที่ไม่มีตัวกลาง	22
3.7 ถังบำบัดที่มีไนลอนเป็นตัวกลาง	22
3.8 ตัวกลางที่ยึดเกาะของเชื้อจุลินทรีย์	24
4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด	27
4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Conduct ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด	28
4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า COD ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ ในการบำบัด	29
4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า BOD ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด	30
4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Suspended Solid ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด	31
4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Total Dissolves Solid ของน้ำเสียทั้ง 4ถังบำบัดกับระยะเวลา ที่ใช้ในการบำบัด	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Oil and Grease ของน้ำเสียทั้ง 4ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด 33

4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Total Nitrogen ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

BOD (Biological Oxygen Demand)	: ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์
COD (Chemical Oxygen Demand)	: ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยสารเคมี
SS (Suspended Solid)	: ปริมาณของแข็งแขวนลอย
TDS (Total Dissolve Solid)	: ปริมาณของแข็งละลาย
TN (Total Nitrogen)	: ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด
Oil and Grease	: ปริมาณไขมันและน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหาน้ำเน่าเสียตามแหล่งน้ำและชุมชนต่าง ๆ เริ่มมีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนและระบบนิเวศ เนื่องจากปัจจุบันมีการเจริญเติบโตทางด้านอุตสาหกรรมทำให้มีปริมาณน้ำเสียเพิ่มตามไปด้วย และน้ำเสียบางส่วนก็เกิดจากการระบายทิ้งจากบ้านเรือนโดยไม่มีการบำบัด จึงจำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดน้ำเสีย เพราะน้ำเสียนอกจากมีความสกปรก อาจมีสารเคมีที่เป็นพิษเจือปน และอาจส่งผลต่อสุขภาพอนามัยและส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำอีกด้วย

วิธีการบำบัดน้ำเสียมีหลายวิธี ทั้งวิธีทางเคมี วิธีทางชีววิทยา วิธีทางกายภาพ และวิธีทางกายภาพ-เคมี โดยการบำบัดด้วยวิธีการทางชีวภาพ (biological process) เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ดีที่สุดในแง่ของการลดปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวช่วยในการบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยหลักการใช้จุลินทรีย์ต่าง ๆ มาทำการย่อยสลายเปลี่ยนอินทรีย์สารไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย ตามที่กล่าวมาโครงงานนี้จึงเลือกการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา

โดยการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาด้วยเชื้อจุลินทรีย์มีด้วยกัน 2 แบบ [2] คือ แบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ ซึ่งในโครงงานพิเศษนี้ได้เลือกการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ โดยการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศเป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องอาศัยออกซิเจนละลายน้ำ หรือออกซิเจนอิสระในการย่อยสลายสารอินทรีย์อาศัยการทำงานของแบคทีเรียสองกลุ่ม คือกลุ่มที่สร้างกรดและกลุ่มที่สร้างมีเทน ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศมีความเหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย [17] เนื่องจาก 1.ประหยัดค่าพลังงานในการบำบัดน้ำเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อน้ำเสียมีความเข้มข้นของซีโอดีสูง 2.น้ำเสียอุตสาหกรรมมีส่วนประกอบต่าง ๆ หลากหลาย บางอุตสาหกรรมอาจมีสารรับอิเล็กตรอนอื่นที่ใช้แทนออกซิเจนอิสระได้ แบคทีเรียไม่ใช้อากาศมีมากชนิดกว่าแบคทีเรียใช้อากาศ ดังนั้นโอกาสของการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศจึงมีมากกว่าแบบใช้อากาศ 3. อุณหภูมิของประเทศเหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศทำให้ไม่ต้องเสียพลังงานในการรักษาอุณหภูมิของถังหมักไม่ใช้อากาศและมักไม่ต้องเสียพลังงานในการกวนด้วย 4.การบำบัดน้ำเสียและสลัดจ์แบบไม่ใช้อากาศสามารถผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้เป็นพลังงานและเชื้อเพลิงได้ และตัวกลางที่ใช้ในการบำบัดคือตัวกลางที่เป็นผ้าอวนไนลอนเนื่องจากการคัดเลือกตัวกลางที่เหมาะสมต่อการยึดเกาะเมือกชีวภาพเพื่อบำบัดน้ำเสีย [13] พบว่าจุลินทรีย์ที่มีตัวกลางเป็นผ้าอวนไนลอนสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดี ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการบำบัดทางชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศ โดยจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ตรวจสอบประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียในรูปค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ค่า pH, BOD, COD, SS, Nitrogen และ Oil and Grease ทั้งวิธีการแบบตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทราบถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์

2. สามารถนำไปปรับปรุงวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบตรึงจุลินทรีย์

1.5 การดำเนินงานวิจัย

กิจกรรม	สัปดาห์ที่							
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16
1. การสร้างถังบำบัดน้ำเสีย	↔	↔						
2. การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์			↔					
3. การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย			↔					
4. ขั้นตอนการทดสอบ				↔	↔	↔	↔	
5.สรุปผลการดำเนินงาน								↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสีย

2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ทำให้คุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิมกลายเป็นน้ำที่ไม่ต้องการจนมีผลกระทบต่อธรรมชาติสิ่งแวดล้อม และเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป

2.1.2 ประเภทของน้ำเสีย

น้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

2.1.2.1 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนรวมทั้งกิจกรรมที่เป็นอาชีพด้วย [9]

2.1.2.2 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท น้ำเสียส่วนใหญ่มักเป็นน้ำล้างจากกระบวนการผลิตต่าง ๆ น้ำเสียประเภทนี้จะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามประเภทของวัตถุดิบกระบวนการผลิตรวมทั้งระบบควบคุมและบำรุงรักษา [12]

2.1.2.3 น้ำเสียจากการเกษตร (Agricultural wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตรครอบคลุมถึงการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ ประเภทของน้ำเสียสามารถจำแนกตามกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ได้แก่ ของชุมชนอุตสาหกรรมและกิจกรรมทางการเกษตร จึงส่งผลให้เกิดสิ่งสกปรกเจือปนในน้ำซึ่งอยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์

2.1.3 ลักษณะที่สำคัญของน้ำเสีย

ลักษณะที่สำคัญของน้ำเสียมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

2.1.3.1 สารอินทรีย์ ได้แก่ สารที่ได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ธาตุไฮโดรเจน และอนุพันธ์ของไฮโดรเจน-คาร์บอนเป็นองค์ประกอบร่วมอยู่ด้วย

2.1.3.2 สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ ที่อาจจะไม่ทำให้น้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต สารอนินทรีย์ที่จำเป็นต้องได้รับการบำบัดในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ซัลไฟด์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

2.1.3.3 โลหะหนักและสารพิษอื่น ๆ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.4 ไขมันและน้ำมัน สารประกอบนี้เกิดจากการใช้น้ำมันไขมันขี้ผึ้งจนกระทั่งถึงน้ำมันหล่อลื่นสารประกอบเหล่านี้เมื่อปนมากับน้ำจะลอยอยู่ตามผิวน้ำ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชพร้อมทั้งกีดขวางการถ่ายเทออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง

2.1.3.5 อุณหภูมิทำให้เกิดการแบ่งชั้นของน้ำเร่งปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์และลดอัตราการละลายของออกซิเจนในน้ำ ทำให้จุลินทรีย์บางชนิดในถังย่อยสลายตาย หรือเจริญเติบโตช้าลงอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสม สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียควรอยู่ประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส

2.1.3.6 ของแข็งเป็นตะกอนภายหลังการระเหยด้วยไอน้ำ และทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ตะกอนที่เกิดขึ้นมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือของแข็งตกตะกอน (Settleable solids) ของแข็งทั้งหมด (Total solids) และของแข็งแขวนลอย (Suspended solids)

2.1.3.7 สีและความขุ่น เกิดจากอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอกระดาษฟอกหนัง และโรงฆ่าสัตว์ สีและความขุ่นจะขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในแหล่งน้ำ

2.1.3.8 กรด-ด่าง น้ำที่มีคุณภาพดีจะต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงหรือเท่ากับ 7 แต่ในทางปฏิบัติได้กำหนดมาตรฐานค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 5-9

2.1.3.9 จุลินทรีย์โดยทั่วไปสามารถแบ่งจุลินทรีย์ออกเป็น 3 กลุ่มคือ ยูคาริโอต (Eucaryotes) ยูแบคทีเรีย (Eubacteria) และอาร์คีแบคทีเรีย (Archaebacteria) โดยสองกลุ่มหลังมักเรียกรวมกันว่ากลุ่มโพรคาริโอต (Procaryotes) ซึ่งแบคทีเรียเป็นองค์ประกอบและมีบทบาทสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียส่วนจุลินทรีย์ในกลุ่มยูคาริโอต (Eucaryotes) ที่มีบทบาทสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ รา โปรโตซัว โรติเฟอร์และสาหร่าย [12]

2.1.4 การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การดำเนินการเปลี่ยนสภาพขององค์ประกอบในน้ำเสียน้ำเน่าจากแหล่งชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมหรือดีขึ้นก่อนปล่อยทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม หรือนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์อีก [10]

2.1.5 ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย

ประเภทของการบำบัดน้ำเสียสามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

2.1.5.1 การบำบัดทางกายภาพ (Physical treatment) เป็นวิธีการแยกสิ่งเจือปนออกจากแหล่งน้ำเช่นของแข็งขนาดใหญ่กระดาษพลาสติกเศษอาหารกรวดทรายไขมันและน้ำมันโดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดคือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังดักตะกอนซึ่งเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.2 การบำบัดทางเคมี (Chemical treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสียวิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงหรือต่ำเกินไปมีสารพิษ มีโลหะหนักมีของแข็งทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

2.1.5.3 การบำบัดทางชีวภาพ (Biological treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโตทำให้น้ำเสียมีความสกปรกน้อยลงโดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic organisms) หรือ ไม่ใช้ออกซิเจนก็ได้ (Anaerobic organisms) ระบบบำบัดที่อาศัยหลักการทางชีวภาพ ได้แก่ ระบบเร่งตะกอน (Activated sludge) ระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating biological contactor) ระบบโปรยกรอง (Trickling filter) ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) เป็นต้น [5]

จากการจำแนกประเภทของการบำบัดน้ำเสียสรุปได้ว่าการเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสีย แต่ละประเภทขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งสกปรกที่ปะปนอยู่ในน้ำเสีย

2.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา เป็นวิธีการที่ใช้กันมากที่สุดในการกำจัดสารอินทรีย์ออกจากน้ำเสียจุลินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียจะช่วยทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาเคมีแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ การบำบัดด้วยวิธีชีววิทยาจะต้องประกอบด้วยถังปฏิกิริยา (Reactor) ซึ่งใช้เป็นที่ให้แบคทีเรียทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย, การควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย, การแยกตะกอนแบคทีเรียออกจากน้ำที่ออกจากถังปฏิกิริยา [8]

2.2.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนมีหลายระบบ ระบบบำบัดต่าง ๆ นี้อาศัยหลักการอันเดียวกัน คือใช้แบคทีเรียเป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนอิสระ ดังนั้นระบบบำบัดแต่ละระบบจึงแตกต่างกันตรงวิธีการให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียและการควบคุมสภาพต่าง ๆ ที่เอื้ออำนวยให้เกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย [8] ระบบบำบัดแบบนี้น้ำเสียจะต้องมีอาหารเสริมให้กับน้ำทิ้งอย่างพอเพียงในปริมาณอัตราส่วนบีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (BOD : N : P สูงสุดประมาณ 100 : 5 : 1) นอกจากนี้น้ำทิ้งต้องมีอุณหภูมิ (Temperature) และค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ที่เหมาะสมและไม่เป็นพิษต่อแบคทีเรียที่สำคัญที่สุดคือในน้ำทิ้งต้องมีปริมาณออกซิเจนพอเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนอิสระจะแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือประเภทที่แบคทีเรียแขวนลอย ได้แก่ ระบบบ่อออกซิเดชั่น (Oxidation ponds) และระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ และประเภทแบคทีเรียยึดเกาะกับตัวกลางอย่างหนึ่ง (Bacterial bad) ซึ่งอาจอยู่กับที่ (Fixed bed) เช่น ระบบโปรยกรอง (Trickling filter) หรือเคลื่อนที่ (Moving bed) เช่น ระบบจานชีวภาพ (Biological discs) [8]

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนแบ่งออกเป็น 3 ระบบคือ

1. ระบบบำบัดแบบบ่อตาก (Oxidation ponds) เป็นบ่อดินธรรมดาหรือบ่อดินราดด้วยคอนกรีตหรือวัสดุอื่นที่กันการรั่วซึมได้ การบำบัดเป็นแบบต่อเนื่อง คือ น้ำทิ้งจะไหลเข้าและออกจากบ่อบำบัดตลอดเวลาในระหว่างที่น้ำทิ้งอยู่ในบ่อบำบัดแบคทีเรียจะทำลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) เกือบทั้งหมด บ่อแอโรบิคอาจแบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามวัตถุประสงค์การทำงาน [6]

1.1 บ่อแอโรบิคแบบผลิตออกซิเจนให้มากที่สุดบ่อนี้มีความลึกได้ประมาณ 1-1.5 เมตร อาจมีการกวนเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุดโดยใช้เครื่องสูบน้ำหรือเครื่องเติมอากาศแบบผิวหน้า

1.2 บ่อแอโรบิคแบบผลิตสาหร่ายให้ได้มากที่สุดใช้สาหร่ายเปลี่ยนน้ำทิ้งให้เป็นสาหร่ายให้มากที่สุดแล้วเก็บเกี่ยวเพื่อนำโปรตีนไปใช้ รูปร่างของบ่อแบบนี้จะมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ต่อปริมาตรสูงความลึกของบ่อปริมาณ 0.2 ถึง 0.6 เมตร สิ่งที่อยู่ในบ่อจะต้องได้รับการกวนครั้งหนึ่งหรือสองครั้งในวันหนึ่ง ๆ เพื่อให้ตะกอนที่ตกอยู่ลอยขึ้นมา และจำเป็นต้องแยกสาหร่ายออกจากน้ำทิ้งออกขั้นสุดท้าย

2. ระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoons) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ที่ติดกับทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่นก็ได้ เพื่อเติมออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD) ได้ร้อยละ 80–95 โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้ภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) โดยมีเครื่องเติมอากาศทำหน้าที่เพิ่มออกซิเจนและทำให้เกิดการกวนผสมในบ่อ [1]

3. ระบบบำบัดแบบเลี้ยงตะกอนหรือเร่งตะกอน (Activated sludge) เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาโดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจำเป็นต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่างๆให้เหมาะสม [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองเวียน (Oxidation ditch: OD) ใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียและเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนก่อนที่จะถูกแยกออกจากน้ำทิ้งโดยวิธีการตกตะกอน [1]

2.2.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเป็นระบบกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียหรือในตะกอน ลักษณะจำเพาะของระบบคือสามารถสร้างมีเทนจากสารอินทรีย์ระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบ่งออกเป็น 10 ระบบ [6] คือ

2.2.2.1 ระบบบำบัดแบบบ่อไร้ออกซิเจนหรือบ่อเหม็น (Anaerobic pond) มักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่มีความลึกประมาณ 3–4.5 เมตร ระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสียประมาณ 1 เดือน โดยมีท่อน้ำเสียเข้าส่วนล่างของบ่อเพื่อให้เกิดตะกอนและเกิดการย่อยสลายภายใต้ภาวะไร้อากาศเกิดเป็นกรดอินทรีย์ (Organic acid) มีลักษณะเป็นน้ำใสและจะระบายไปบ่อน้ำเสียแบบกึ่งแอโรบิค (facultative oxidation pond) ทั้งนี้กรดอินทรีย์บางส่วนจะถูกจุลินทรีย์ชนิดสร้างมีเทนย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทนต่อไปในขณะเดียวกันไขมันหรือตะกอนลอยที่ระบายมากับน้ำเสียก็จะลอยตัวอยู่บนผิวน้ำ ป้องกันมิให้อากาศภายนอกซึมลงในบ่อเกิดสภาพไร้อากาศ

2.2.2.2 ระบบบำบัดแบบบ่อเกรอะ (Septic tank) มักจะสร้างเป็นบ่อคอนกรีตปิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าอยู่ใต้พื้นดินใช้รับน้ำเสียจากบ้านเรือนที่มีปริมาณน้ำเสียไม่มากนักมีระยะเวลากักน้ำประมาณ 1–3 วันการทำงานเหมือนกับบ่อเหม็นทุกประการน้ำใสที่ระบายจากบ่อเกรอะจะต่อไปกับบ่อเติมอากาศระบบแบบเอเอสหรือถังกรองไร้อากาศ

2.2.2.3 ระบบบำบัดแบบถังหมักธรรมดา (Conventional anaerobic digestion) เป็นระบบที่ใช้แพร่หลายในการย่อยสลายตะกอนจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated sludge) ระบบบำบัดประกอบด้วยถังปฏิกิริยาซึ่งส่วนใหญ่เป็นถังคอนกรีตมีฝาปิดเพื่อเก็บความร้อน กลิ่น และก๊าซบนฝามีทางระบายก๊าซที่เกิดขึ้น ระบบถังหมักธรรมดามี 2 แบบ คือ

1. ถังหมักชนิดอัตรากำจัดต่ำ (Low rate anaerobic digestion) ในถังไม่มีเครื่องกวนทำให้มีตะกอนหนักจมก้นถังตะกอนเบาลอยอยู่ชั้นบน ชั้นบนเบาจะหนาหลายฟุตซึ่งเป็นการลดปริมาตรของถังย่อยและยังทำให้เกิดการลัดวงจร (Short circuit) ได้ง่ายอีกด้วย

2. ถังหมักอัตรากำจัดสูง (High rate anaerobic digestion) ภายในถังมีเครื่องกวนเพื่อให้เกิดการผสมอย่างทั่วถึงถังแบบนี้มีการลัดวงจรน้อยทำให้ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียน้อยลงและประสิทธิภาพดีกว่าอัตรากำจัดต่ำเนื่องจากจุลินทรีย์สัมผัสกับของเสียได้อย่างทั่วถึงยิ่งขึ้น แต่น้ำเสียที่ออกจากถังหมักชนิดนี้จำเป็นต้องมีการแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกก่อน

2.2.2.4 ระบบบำบัดแบบถังหมักแบบสัมผัส (Anaerobic contact) เป็นถังหมักที่ดัดแปลงมาจากถังหมักชนิดอัตรากำจัดสูงซึ่งอาจเป็นถังปฏิกิริยาแบบไม่มีการหมุนเวียนตะกอนหรือไม่ก็ได้ แต่นิยมใช้แบบที่มีการหมุนเวียนตะกอนบางครั้งอาจ เรียกว่า ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบไร้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจน (Anaerobic Activated Sludge) การที่ถังหมักมีการหมุนเวียนตะกอนทำให้อาจใช้ได้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นไม่สูงมากในทางปฏิบัติระดับของซีโอดีที่เหมาะสมคือ 4,000–50,000 มิลลิกรัม/ลิตร

2.2.2.5 ระบบบำบัดแบบถังหมักแบบสองเฟส (Two-phase anaerobic digestion) เป็นการแยกถังหมักออกเป็นสองส่วนตามลักษณะการทำงานของจุลชีพแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อความสะดวกในการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับจุลชีพแต่ละชนิดโดยมีส่วนประกอบของถังหมักแบบสองเฟสที่ใช้พีเอชเป็นตัวกำหนดและควบคุมแบคทีเรียในถังหมักใบแรก ซึ่งมีพีเอชประมาณ 6 จะมีแบคทีเรียประเภทสร้างกรดถังใบที่สองซึ่งมีพีเอชประมาณ 7 จะมีแบคทีเรียสร้างมีเทนการควบคุมพีเอชแบบอัตโนมัติเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับถังใบแรกเท่านั้น ก๊าซไฮโดรเจนที่สร้างขึ้นในถังใบแรกจะถูกปล่อยทิ้งออกไปจากถังเพื่อให้เกิดการสะสมตัวจนเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่สร้างกรด

2.2.2.6 ระบบเครื่องกรองแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic filter) มีส่วนประกอบสำคัญ คือ ถังที่มีลักษณะคล้ายถังกรองบรรจุภายในด้วยหินขนาด 1.5–2 นิ้ว หรืออาจใช้ตัวกลางพลาสติกแทนก็ได้น้ำเสียจะไหลข้างล่างขึ้นข้างบนลักษณะเช่นนี้จะทำให้น้ำท่วมถังสูงตลอดเวลาและทำให้แบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกจับอยู่ภายในถังกรองน้ำที่ไหลออกมาจึงมีความใสโดยไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนต่างหาก

2.2.2.7 ระบบบำบัดแบบ Anaerobic fluidized bed (AFB) ระบบนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจนตรงที่มีน้ำไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบนจัดเป็นระบบตรึงฟิล์ม (Fixed film) แบบไร้ออกซิเจน ที่มีตัวกลางขนาดเล็กเท่ากับเม็ดทรายเป็นที่จับของแบคทีเรียอัตราการไหลของน้ำจะสูงมากจนกระทั่งทำให้มีการลอยตัวของสารตัวกลาง ทำให้ระบบนี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (คิดหน่วยปริมาตร) สูงมากซึ่งเท่ากับการมีแบคทีเรียจำนวนมากในระบบ อัตราเร็วในการกำจัดของเสียของระบบนี้จึงสูงมากถังปฏิกิริยาที่ใช้ในระบบนี้จึงมีขนาดเล็กกว่าระบบอื่นๆ

2.2.2.8 ระบบบำบัดแบบ Upflow anaerobic sludge blanket (UASB) เป็นระบบที่ตัดสารตัวกลางออกจากระบบทิศทางการไหลของน้ำเสียจากข้างล่างขึ้นข้างบน แต่ไม่ใช้ตัวกลางแบคทีเรียจะถูกเลี้ยงให้จับตัวกันเป็นเม็ด หรือฟล็อกจนกระทั่งมีน้ำหนักมากจนสามารถตกตะกอนได้ดีน้ำเสียที่ไหลเข้าถังปฏิกิริยาจะทำให้เม็ดแบคทีเรียลอยตัวอยู่เป็นชั้นสลัดจ์ที่ไม่จมลงก้นถัง

2.2.2.9 ระบบบำบัดแบบจานหมุนชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic rotating biologicalcontactor หรือ ARBC) ลักษณะของระบบก็คล้ายคลึงกับระบบจานชีวะหมุน (RBC) เพียงแต่มีฝาปิดเพื่อป้องกันมิให้สัมผัสอากาศภายนอกและมีช่องระบายก๊าซออกทางตอนบน ผลปรากฏว่าแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนสามารถยึดเกาะและเจริญเติบโตได้ดีบนผิวจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.10 ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน (Anaerobic baffled reactor หรือ ABR) มีแผ่นกั้นเพื่อบังคับให้น้ำเสียไหลมุดลงอยู่ในแนวนอนแบคทีเรียมีพื้นที่ตกตะกอนสูงกว่าระบบอื่นๆการแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำจึงสามารถทำได้ดี ก๊าซสามารถแยกตัวออกจากน้ำได้ดีและง่ายเช่นกัน

2.3 จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย Active Elements for waste water treatment

วัตถุประสงค์ของจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย คือ เพื่อให้เกษตรกรนำไปใช้ในการเปลี่ยนของเสียประเภทสารอินทรีย์ ส่งเสริมให้เกิดการรักษาสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงฆ่าสัตว์ ร้านอาหาร และตลาดสด โดยให้มีการสุขาภิบาลน้ำเสียให้ถูกสุขลักษณะ นอกจากนี้จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียยังสามารถใช้ได้กับห้องน้ำสาธารณะและห้องน้ำภายในบ้านโดยใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และเอนไซม์ที่ได้จากธรรมชาติ

จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย คือ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการหมักจากแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์หลายชนิด ซึ่งสามารถรีไซเคิลของเสียอินทรีย์ในการนำกลับมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียสามารถกำจัดกลิ่นแอมโมเนีย (NH_3) และไฮโดร-เจนซัลไฟด์ (H_2S) กลิ่นภายในและสิ่งแวดล้อมโดยรอบแหล่งที่อยู่อาศัยรวมถึงสถานที่เลี้ยงสัตว์ด้วย แบคทีเรียในจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียได้พิสูจน์โดย FDA แล้วว่าไม่มีอันตราย โดยส่วนใหญ่เป็นชนิดที่สร้างสปอร์ประกอบด้วยแบคทีเรียบางชนิดที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจากระบบการย่อยอาหารของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งมีความต้านทานต่อความร้อน น้ำย่อยในกระเพาะ และกรดน้ำดี นอกจากนี้แบคทีเรียยังส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ซึ่งสามารถลดกลิ่นตามธรรมชาติโดยไม่ต้องใช้สารเคมี

ลักษณะสำคัญ ประกอบด้วยแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ไม่เป็นอันตรายต่อธรรมชาติ และมนุษย์ ส่วนประกอบเป็นของเหลวประกอบด้วยกรดอะมิโน แร่ธาตุ และเอนไซม์ ลักษณะผลิตภัณฑ์เป็นของเหลวสีน้ำตาล กลิ่นมีกลิ่นหอมจากการหมัก

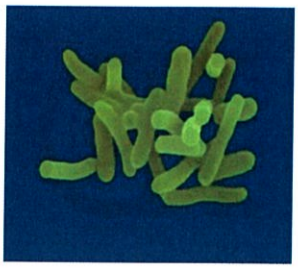
จุลินทรีย์ที่สำคัญ

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

การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์

เป็นเชื้อแบคทีเรียประเภท Facultative Bacteria ดังรูปที่ 2.1 สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน ซึ่งในถังบำบัดนี้จะเป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน จุลินทรีย์จะใช้การหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 เชื้อแบคทีเรียประเภท Facultative Bacteria

ประสิทธิภาพ

1. ของเสียจากครัวเรือนจัดเป็นชนิดที่มีสารอินทรีย์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก การกำจัดของเสียจากครัวเรือนด้วยจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียสามารถรีไซเคิลของเสียให้กลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช และยังช่วยลดกลิ่นของสารอินทรีย์ที่เกิดจากแอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และกรดไขมันบางชนิดได้อีกด้วย

2. จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย จะเข้าไปแข่งขันแย่งสารอาหารกับแบคทีเรียที่ก่อโรคในดินและของเสียในสิ่งแวดล้อม และผลิตกรดอินทรีย์ซึ่งระงับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อ และลดการเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

3. นอกจากนี้ยังช่วยบรรเทากลิ่นแล้วยังสามารถช่วยให้สิ่งแวดล้อมถูกอนามัย และลดจำนวนยุง แมลงวัน และแมลงสาบ ซึ่งเป็นผลมาจากเชื้อแอคติโนไมซีสที่ประกอบอยู่ในจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย

4. เมื่อน้ำมันถูกใช้หมดไป จึงทำให้ประเทศในแถบยุโรป ญี่ปุ่น เกาหลี แคนาดา และสหรัฐอเมริกา ให้ความสนใจเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาสารชีวมวล เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น ของเสียจากครัวเรือน เศษไม้ พืชผล และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร อุตสาหกรรมปศุสัตว์ และหนองบึงที่มีแก๊สธรรมชาติเกิดขึ้น และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมกระดาษ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นแหล่งของสารชีวมวล จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หลายชนิดเจริญเติบโตอยู่ร่วมกันเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมาก ซึ่งสามารถย่อยสลายโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่พบในสารชีวมวลได้อย่างรวดเร็ว

การใช้ จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย สามารถปรับอัตราส่วนได้ตามความเหมาะสมตามชนิด ของสิ่งปฏิกูล ดังนี้

โรงฆ่าสัตว์ : ผสม 3 ลิตรต่อเศษอินทรีย์ที่เป็นของเหลว 1 ตัน และ ให้หมักทิ้งไว้ 1 เดือน เพื่อที่จะเปลี่ยนกรดอะมิโนในของเสียให้ไม่มีอันตราย

กระบวนการผลิตน้ำตาลและแอลกอฮอล์ : ผสม2 ลิตรต่อเศษอินทรีย์ 1 ตัน และให้หมักทิ้งไว้ 14 วัน เพื่อที่จะลดค่า B.O.D. จากค่าเริ่มต้น 10,000 ppm เหลือ 225 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับของเสียจากร้านอาหารและครัวเรือน อุตสาหกรรมปศุสัตว์ เศษไม้ และของเสียจากการเกษตรหลังจากปรับอัตราส่วนคาร์บอน ต่อ ไนโตรเจน ได้เหมาะสมแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 42° C แล้วผสมจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียในอัตราส่วน 5 ลิตรต่อ 1 ตันของเสีย และกวนอย่างสม่ำเสมอ

ห้องน้ำในบ้านและห้องน้ำสาธารณะ : เจือจาง 50 เท่า และฉีดพ่นลงบนโถส้วมที่สกปรก ห้องน้ำและคราบเปื้อนบนกระเบื้อง เพื่อที่จะลดกลิ่นตามธรรมชาติและกลิ่นของสารประกอบอื่น

การเก็บรักษา จำนวนแบคทีเรียที่มีประโยชน์จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บ เพราะฉะนั้น เมื่อเปิดผลิตภัณฑ์แล้ว ควรใช้ทันที และเก็บให้พ้นจากแสงแดด

รูปที่ 2.2 หัวเชื้อจุลินทรีย์

2.4 ตัวกลางที่ใช้ยึดเกาะ

[1] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบชนิดของตัวกลางที่เหมาะสมต่อการเกิดเมือกชีวภาพในการบำบัดไนเตรทในน้ำเสียสังเคราะห์จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที ด้วยระบบการทดลองแบบกะ โดยใช้ตัวกลาง 4 ชนิด คือ ไบโอบอล หินภูเขาไฟ เปลือกหอยนางรม และแผ่นอวนไนลอนชนิดทอไม่มีปม เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ติดตามประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทางเคมี ร่วมกับการตรวจลักษณะของเมือกชีวภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบฉากสว่างและแบบส่องกราด และตรวจสอบชนิดและปริมาณของแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องด้วยเทคนิค Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) และการนับปริมาณแบคทีเรียดีไนตริไฟอิงด้วยเทคนิค MPN แบบไมโครเทคนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

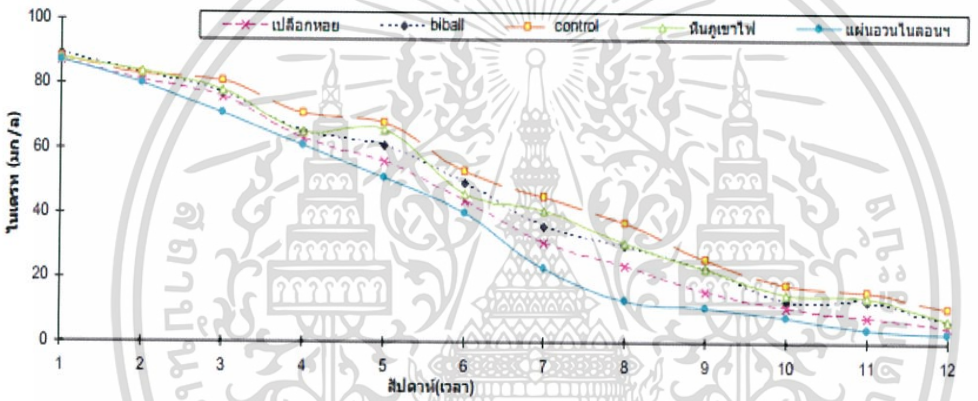
รูปที่ 2.3 ชนิดของตัวกลางที่ใช้ในการทดลอง ชนิดa. ไบโอบอล ชนิดb.เปลือกหอยนางรม ชนิดc. แผ่นอวนไนลอนชนิดทอไม่มีปม และชนิดd. หินภูเขาไฟ

พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรทโดยเฉลี่ยแล้ว ผลปรากฏว่าตัวกลางที่เหมาะสมต่อการบำบัดไนเตรทได้ดีที่สุด คือ แผ่นอวนไนลอนชนิดทอไม่มีปมตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม ขนาด 1×1 นิ้ว เป็นตัวกลางที่มีประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรทได้ดีที่สุด คิดเป็นร้อยละ 85 รองลงมา คือ เปลือกหอยนางรมคิดเป็นร้อยละ 79 ไบโอบอลคิดเป็นร้อยละ 75 และหินภูเขาไฟคิดเป็นร้อยละ 73 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรทเพียงร้อยละ 68 นอกจากนั้นยังพบว่า ถังปฏิกิริยาดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทภายในถังปฏิกิริยาที่บรรจุตัวกลางแต่ละชนิดเทียบกับชุดควบคุม พบว่าในช่วงแรกของระบบแต่ละถังปฏิกิริยามีปริมาณไนเตรทเริ่มต้นใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระบบดำเนินไปอย่างต่อเนื่องพบว่าในสัปดาห์ที่ 7 ของการทดลองระบบภายในถังปฏิกิริยาดังกล่าวมีปริมาณไนเตรทลดลงได้เร็วกว่าถังปฏิกิริยาที่บรรจุตัวกลางชนิดอื่น เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการใส่ตัวกลาง นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองภายในถังปฏิกิริยาดังกล่าวเหลือปริมาณไนเตรทน้อยกว่าถังปฏิกิริยาที่บรรจุตัวกลางชนิดอื่น เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เนื่องด้วยแผ่นอวนไนลอนมีลักษณะโครงสร้างทางกายภาพเป็นเส้น แล้วนำมาทอเป็นเส้นสายแบบตาข่าย และลักษณะพื้นผิวของแต่ละเส้นนั้นมีลักษณะผิวหยาบและไม่ลื่น จึงมีพื้นที่เหมาะสมต่อการเข้าไปยึดเกาะของกล้าเชื้อจุลินทรีย์ แล้วพัฒนากลายเป็นเมือกชีวภาพได้ดีที่สุดและมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงที่สุดจากจากตัวกลางทั้ง4 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเด็น	ชนิดตัวกลาง				
	ชุดควบคุม	ไบโอบอล	เปลือกหอยนางรม	แผ่นอวนไนลอนฯ	หินภูเขาไฟ
ขนาด (กxย)	-	-	3×2 ตร.นิ้ว	1×1 ตร.นิ้ว	1×0.7 ตร.นิ้ว
พื้นที่ผิวจำเพาะ(m^2/L.)	-	0.006	0.0014	0.5	-
ประเภทของวัสดุ	-	พลาสติก	ธรรมชาติ	เส้นใยสังเคราะห์	ธรรมชาติ
ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท (%)	68	75	79	85	73
ความสามารถในการยึดเกาะของเมือกชีวภาพ	-	ยึดเกาะได้เล็กน้อย	ยึดเกาะได้ปานกลาง	ยึดเกาะได้มากที่สุด	ยึดเกาะได้ปานกลาง
ปริมาณตัวกลาง (ชิ้น/ถัง)	-	10 ชิ้น	10 ชิ้น	10 ชิ้น	10 ชิ้น

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะทั่วไปและความสามารถของตัวกลางต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เทียบกับชุดควบคุม



รูปที่ 2.4 ติดตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเทรตจากถังปฏิกริยาที่บรรจุตัวกลาง 4 ชนิด เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีตัวกลาง ที่มีความเข้มข้นของ NO_3-N 100 มก/ล ที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที

2.5 การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำหมายถึงการเก็บตัวอย่างน้ำที่ถูกวิธีในปริมาณที่เหมาะสมต่อการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งนี้ต้องไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากวิธีเก็บและการขนส่งอีกทั้งสามารถใช้เป็นตัวแทนที่ดีของแหล่งน้ำนั้น [3]

2.5.1 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ

เครื่องมือ/อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำ อาจทำด้วยพลาสติกเหล็กกล้าไร้สนิมสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนักเครื่องมือที่ใช้ควรทำด้วยพลาสติกและมีส่วนประกอบของโลหะน้อยที่สุดส่วนที่สัมผัสน้ำโดยตรงก็ไม่ควรเป็นโลหะกระบอกเก็บตัวอย่าง และน้ำหนักถ่วงควรหุ้มด้วยพลาสติกสายที่ใช้หย่อนเครื่องมือดังกล่าวควรทำจากพลาสติกหรือลวดที่เคลือบด้วยพลาสติก [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ

2.5.2.1 วัสดุที่ใช้บรรจุตัวอย่างน้ำควรเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับกรด-ด่าง และมลพิษในตัวอย่างน้ำมีความแข็งแรงทนทานไม่เปราะ หรือแตกง่ายสามารถล้างทำความสะอาดได้ง่ายมีฝาปิดสนิทโดยทั่วไปนิยมใช้ขวดแก้ว หรือพลาสติกอย่างดีที่แข็ง และทนความร้อน เช่น โพลีเอทธิลีน โพลีโพรไพลีน แต่วัสดุที่ดีที่สุดคือ ควอทซ์ หรือเทฟลอนแต่ราคาแพง

2.5.2.2 รูปร่างและขนาดควรจะมีขนาดพอเหมาะที่จะบรรจุตัวอย่างน้ำได้เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ไม่ใหญ่เกินไปที่จะถือหรือตักได้สะดวกและควรเป็นรูปทรงที่ไม่มีซอกมุมที่ทำความสะอาดยาก

2.5.2.3 สีโดยทั่วไปควรใช้วัสดุที่ไม่มีสีนอกจากในกรณีที่ต้องการสีเข้มเพื่อป้องกันตัวอย่างน้ำถูกแสงแดดนิยมใช้พลาสติกขาวขุ่นหรือขวดแก้วสีชา [3]

2.5.3 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ การที่จะเก็บตัวอย่างน้ำจำเป็นต้องเลือกวิธีเก็บที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของน้ำ ทั้งหมดได้แบ่งวิธีเก็บน้ำเป็น 2 วิธีคือ

2.5.3.1 การเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงเอาโดยตรงแล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบดังนั้นตัวอย่างน้ำจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะสมบัติของน้ำ ณ จุดเก็บเฉพาะเวลานั้นเท่านั้นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้มีข้อดีในกรณีที่น้ำเสียไม่ได้ไหลแบบต่อเนื่องมีการปล่อยทิ้งเป็นครั้งคราว

2.5.3.2 การเก็บแบบผสมรวม (Composite sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างหลาย ๆ ครั้งต่อช่วงการผลิตโดยแบ่งแต่ละช่วงระยะเวลาของการเก็บให้สม่ำเสมอปริมาณการเก็บขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำแล้วนำมารวมลงในถังเก็บใบเดียวกัน ซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ประมาณ 10 องศาเซลเซียส การเก็บวิธีนี้มีข้อดีตรงที่ลดจำนวนตัวอย่างน้ำที่ต้องวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเคมีภัณฑ์ และเวลาในการศึกษาได้มาก แต่ถึงอย่างไรก็มีข้อเสีย คือ ต้องใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำนานกว่าวิธีแบบจ้วงในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างสมบูรณ์ต้องเก็บทั้งแบบจ้วงและแบบผสมรวม [7]

จากการแบ่งวิธีเก็บตัวอย่างน้ำสรุปได้ว่าการเก็บตัวอย่างน้ำต้องเลือกวิธีเก็บที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของน้ำทั้งหมดแบ่งออกเป็นการเก็บแบบจ้วงคือเลือกเก็บบริเวณที่ต้องการตัวอย่างโดยตรงและการเก็บแบบผสมรวมเป็นการเก็บตัวอย่างจากบริเวณต่างๆในช่วงเวลาที่สม่ำเสมอกันจากนั้นนำมารวมในภาชนะบรรจุเดียวกันเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบต่อไป

2.5.4 ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำ

[3] ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำ

จากขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำสรุปได้ว่า ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำเริ่มจากวางแผนในการเก็บเพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของน้ำทั้งหมดมีปริมาณเพียงพอต่อการตรวจวัดระมัดระวังไม่ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการปนเปื้อนควรศึกษาว่าค่าพารามิเตอร์ใดที่ต้องทำการตรวจวัดทันทีในสถานที่เก็บตัวอย่างเพื่อให้ผลที่ได้จากการตรวจวัดมีความถูกต้องมากที่สุด

2.5.5 ประเภทของตัวอย่างน้ำ

การเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของน้ำที่ต้องการจะศึกษาหรือวิเคราะห์สามารถแยกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

2.5.5.1 ตัวอย่างแยก (Catch samples) หมายถึง ตัวอย่างที่เก็บ ณ เวลาและสถานที่หนึ่งแล้วนำมาวิเคราะห์เป็นตัวอย่าง ๆ ไปตัวอย่างแยกนี้จะเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำนั้นเฉพาะเวลาและจุดที่เก็บเท่านั้น

2.5.5.2 ตัวอย่างรวมแบบคอมโพสอิท (Composite samples) หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างแยกที่ทำการเก็บ ณ จุดเดียวกันแต่ต่างเวลากันมีประโยชน์สำหรับการใช้กับงานที่ต้องการทราบความเข้มข้นเฉลี่ยในการวิเคราะห์ส่วนประกอบบางอย่างของน้ำ

2.5.5.3 ตัวอย่างรวมแบบอินทิเกรท (Integrated samples) หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างแยกที่เก็บจากจุดต่างๆกันในเวลาเดียวกันหรือในเวลาที่ใกล้กันที่สุดตัวอย่างที่จำเป็นต้องเก็บโดยวิธีนี้ได้แก่ แม่น้ำ และลำธารซึ่งคุณภาพน้ำจะแปรผันตามความกว้างและความลึกการเตรียม

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าการเลือกวิธีเก็บตัวอย่างให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการนำมาวิเคราะห์ซึ่งต้องคำนึงถึงเสมอว่าตัวอย่างน้ำนั้นต้องเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรน้ำทั้งหมด

2.5.6 ช่วงระยะเวลาระหว่างการเก็บวิเคราะห์

ช่วงเวลาจะขึ้นอยู่กับลักษณะตัวอย่างสารที่จะวิเคราะห์และวิธีการในการเก็บรักษา เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำมาแล้วควรทำการวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเพราะยิ่งทิ้งไว้นานส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำอาจจะเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลชีพในน้ำความผิดพลาดข้อนี้อาจลดให้น้อยลงได้โดยเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในที่มืดและอุณหภูมิต่ำประมาณ 4 องศาเซลเซียส จนถึงเวลาที่จะวิเคราะห์ สรุปได้ว่า ช่วงระยะเวลาในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำควรทำให้เร็วที่สุดเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของน้ำเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำ

2.5.7 วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษา

การเก็บรักษาตัวอย่างทำได้ยากสารช่วยรักษาเกือบทุกตัวขัดขวางการหาสารบางตัว ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ควรทำการวิเคราะห์ทันทีการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สรุปได้ว่า วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำต้องสามารถลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ และการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารเคมีและสารประกอบเชิงซ้อนที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำสามารถทำได้โดยการเติมสารเคมีเก็บในที่อุณหภูมิต่ำและไม่มีแสงแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.8 ข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ

[3] กล่าวว่าข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำมี ดังนี้

2.5.8.1 ขวดที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำควรทำด้วยพลาสติกเพราะขนส่งสะดวกไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นในน้ำข้อสำคัญต้องล้างให้สะอาดก่อนใช้ คือ ล้างด้วยกรดโครมิค น้ำประปา และ น้ำกลั่นตามลำดับก่อนทำการเก็บให้ล้างด้วยน้ำตัวอย่างที่จะเก็บก่อนสัก 2-3 ครั้ง

2.5.8.2 เขียนฉลากติดที่ขวดตัวอย่างให้เรียบร้อยก่อนบอกชื่อผู้เก็บเวลาสถานที่วันที่เก็บอุณหภูมิของน้ำชนิดของสารช่วยรักษา

2.5.8.3 ควรวัดอุณหภูมิความเป็นกรด-ด่างแก๊สที่ละลายน้ำ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ทันทีที่เก็บเพราะค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย

2.5.8.4 บางกรณีการเก็บตัวอย่างไว้มีผลต่อการวิเคราะห์มาก เช่น ไอออนบวกบางตัวจะสูญหายไปโดยการดูดซับ(Absorbtion) หรือโดยการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) กับผิวของภาชนะที่ทำด้วยแก้วไอออนบวกเหล่านั้นได้แก่ Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ag และ Zn จึงควรทำการเก็บแยกต่างหากโดยใช้ขวดที่สะอาดและทำให้เป็นกรดด้วยกรดเกลือเข้มข้นหรือกรดดินประสิวเข้มข้นจนความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 2 เพื่อลดการตกตะกอนและการดูดซับบนผิวภาชนะ

2.5.8.5 น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมให้เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากทุกๆจุดที่ปล่อยน้ำออกมาหรือจุดที่รวมของน้ำทิ้ง

2.5.8.6 น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนให้เก็บตัวอย่างน้ำจากท่อระบายน้ำโสโครก

2.5.8.7 น้ำทิ้งจากระบบกำจัดน้ำเสียให้เก็บจากจุดต่างๆตามขั้นตอน

2.5.8.8 น้ำประปาให้ไขทิ้งสักครู่ก่อนเก็บ

2.5.8.9 น้ำบ่อควรเก็บภายหลังจากบ่อนั้นถูกดูดน้ำขึ้นระยะหนึ่งแล้ว

2.5.8.10 แม่น้ำและลำธารควรเก็บน้ำจากผิวถึงก้นแม่น้ำตรงใจกลางแม่น้ำแล้วเอามารวมกันเป็นตัวอย่างรวมแบบอินทิเกรทถ้าจะเก็บเป็นตัวแยกให้เก็บจากใจกลางแม่น้ำที่จุดกึ่งกลางของความลึกจึงนับว่าเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด

2.5.8.11 น้ำในทะเลสาบมักมีการแปรผันในคุณภาพทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน สนใจแต่การเปลี่ยนแปลงในแต่ละจุดเท่านั้นดังนั้นจึงควรใช้ตัวอย่างแยกมากกว่า

2.5.9 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

[3] กล่าวว่าตัวอย่างน้ำที่เก็บมาเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำนั้น หากไม่ได้ทำการวิเคราะห์ทันทีแล้วส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำจะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ มลพิษหลายชนิดที่ไม่คงตัวมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เช่น แบคทีเรียความเป็นกรด-ด่าง สารประกอบไนโตรเจนสารอินทรีย์และอื่นๆเป็นต้น จึงได้มีการศึกษาวิธีการถนอมน้ำหรือรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำให้เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเพื่อลดหรือหยุดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำแนกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5.9.1 การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หรือแช่แข็งเช่นการตรวจหาปริมาณความเป็นกรด-ด่างซัลเฟต และคลอไรด์ เป็นต้น ข้อดีของวิธีการนี้ คือ ไม่มีสารรบกวนในการวิเคราะห์ผลของการแช่เย็น คือ

2.5.9.1.1 ลดการทำงานของพวกจุลินทรีย์

2.5.9.1.2 ลดอัตราเร็วของการเกิดกระบวนการทางกายภาพและเคมี

2.5.9.2 การเติมสารเคมี

2.5.9.2.1 เติมไบโอไซด์ (Biocides) เพื่อยับยั้งการทำงานของพวกจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ เช่น ปรอทคลอไรด์ ($HgCl_2$) เติมในปริมาณ 20-40 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.5.9.2.2 เติมกรดเช่นกรดไนตริก (HNO_3), กรดซัลฟิวลิก (H_2SO_4) เป็นการรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำโดยการควบคุมความเป็นกรด-ด่างให้น้อยกว่า 2 เพื่อป้องกันการดูดซับไอออนที่ผิวภาชนะบรรจุและการตกตะกอนและยับยั้งการทำงานของพวกจุลินทรีย์

2.5.9.2.3 สารเคมีเฉพาะข้อมูลสารเคมีอื่นๆ

2.6 พารามิเตอร์

2.6.1 pH

pH แสดงความเป็นกรดหรือเบสของน้ำ (น้ำดื่มควรมีค่า pH ระหว่าง 6.8-7.3) โดยทั่วไปน้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ที่ต่ำ (PH < 7) ซึ่งหมายถึง มีความเป็นกรดสูงมีฤทธิ์กัดกร่อน การวัดค่า pH ทำได้ง่าย โดยการใช้กระดาษลิตมัสในการวัดค่าความเป็นกรด – เบส ซึ่งให้สีตามความเข้มข้นของ $[H^+]$ หรือการวัดโดยใช้ pH meter เมื่อต้องการให้มีความละเอียดมากขึ้น สภาพเบส (alkalinity) คือสภาพที่น้ำมีสภาพความเป็นเบสสูงจะประกอบด้วยไอออนของ OH^-, CO_3^- ,H_2CO_3 ของธาตุแคลเซียม โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม หรือแอมโมเนีย ซึ่งสภาพเบสนี้จะช่วยทำหน้าที่คล้ายบัฟเฟอร์ต้านการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในน้ำทิ้ง สภาพกรด (acidity)

2.6.2 อุณหภูมิน้ำ

อุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศ มีความสัมพันธ์กันโดยตรงและเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของออกซิเจนจะลดลง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จะบ่งบอกถึงความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ค่า DO เป็นปัจจัยที่บอกถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีวะวิทยาอัตราการเกิด oxidation ทางชีวะวิทยาจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและความต้องการ O_2 ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยการละลายและการอิ่มตัวของ O_2 ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยการละลายและการอิ่มตัวของ O_2 จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่ง O_2 ละลายน้ำได้สูงสุด 8 mg/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149067

2.6.3 ค่าการนำกระแสไฟฟ้า (Conductivity)

เป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านคุณสมบัติข้อนี้ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิที่ทำการวัด น้ำที่มีไอออนของสารต่าง ๆ อยู่นำไฟฟ้าได้ทั้งนั้น ในสนามไฟฟ้ากระแสไอออนบวกจะเคลื่อนที่ไปอีเลกโทรดขั้วลบและไอออนลบจะเคลื่อนที่อีเลกโทรดขั้วบวก กรด เบส และเกลืออนินทรีย์ เช่น IICl Na_2CO_3 และNaCl เป็นต้น นำไฟฟ้าที่ดีเพราะแตกตัวให้ไอออนบวกและลบในทางตรงข้ามโมเลกุลของสารอินทรีย์ เช่น ซูโครส และเบนซีน ไม่แตกตัวในน้ำจึงไม่นำไฟฟ้า conductivity ไม่ได้เป็นค่าเฉพาะไอออนตัวใดตัวหนึ่งแต่เป็นค่ารวมของไอออนทั้งหมดในน้ำ ค่านี้ไม่ได้บอกให้ทราบถึงชนิดของสารในน้ำ บอกแต่เพียงว่ามีการเพิ่มหรือลดของไอออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น กล่าวคือถ้าค่า conductivity เพิ่มขึ้นก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำเพิ่มขึ้น หรือถ้าค่า conductivity ลดลงก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำลดลง

2.6.4 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ (decomposable organic matter) ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน จากขบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิไดซ์สารอาหารเหล่านี้อาจเป็น CO_2 H_2O หรือ NH_3 ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร การใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะ

ในช่วงระยะเวลา 5 วัน ที่ใช้ในการหาค่า BOD ปริมาณ O_2 ในการออกซิไดซ์สาร NH_3 สังเกตได้จากปริมาณของ NO_3^- ในตัวอย่างซึ่งจะเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

ค่า BOD จะบ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำเสียต่างๆ ในเทอมของออกซิเจนที่ต้องการใช้เมื่อปล่อยน้ำเสียนั้นลงสู่แม่น้ำลำคลอง ใช้ในการควบคุมความสกปรกของลำธาร แม่น้ำต่างๆ เพราะจากค่า BOD จะบอกถึงองศาของความสกปรกของแหล่งน้ำนั้นได้ทันที นอกจากนี้ยังใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

การทำ BOD นั้นจะมีการประมาณค่า BOD เพื่อใช้ในการเลือกปริมาณน้ำตัวอย่างมาทำการทดลอง ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Using percent mixtures	
% Dilution	Range of BOD mg/L
0.01	50,000 - 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
1.0	200 - 700
2.0	100 - 350
5.0	40 - 140
10.0	20 - 70
20.0	10 - 35
50.0	4 - 14
100	0 - 7

ตารางที่ 2.2 การประมาณค่า BOD

2.6.5 COD (Chemical Oxygen Demand)

การหาค่า COD เป็นการวิเคราะห์ค่าความสกปรกของน้ำ โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ ซึ่งใช้สารเคมีที่มีอำนาจในการออกซิไดซ์สูง (Strong Chemical Oxidant) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ค่า COD จึงแสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดในน้ำที่แบคทีเรียย่อยสลายได้ โดยปกติค่า COD จะสูงกว่า BOD เสมอ

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

ความสัมพันธ์ระหว่าง COD และ BOD โดยปกติแล้วค่า COD จะสูงกว่าค่า BOD ความสัมพันธ์นี้ สามารถจะใช้ประมาณค่า BOD ได้ ค่า COD ใช้มากในการวิเคราะห์น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังใช้ในการสำรวจออกแบบ เพื่อพิจารณาและควบคุมเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากผลที่ได้ ใช้เวลาไม่กี่ชั่วโมงในการหา จึงสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้ทันที นอกจากนี้ ถ้าใช้ร่วมกับ BOD จะบอกถึงสภาวะที่เป็นพิษหรือการมีสารอินทรีย์ที่ต้านต่อการออกซิไดซ์ทางชีวะได้

2.6.6 ของแข็ง (Solid)

ของแข็ง หมายถึง ของแข็งที่มีอยู่ในน้ำหรือน้ำเสียทั้งที่ละลายน้ำได้ หรือที่เป็นสารแขวนลอย การหาค่าของแข็งนี้ทำทั้งในน้ำที่จะนำมาทำน้ำประปา ในน้ำเสียจากโรงงาน บ้านเรือน ตลอดจนของกากตะกอน (Sludge) ดังนั้น การวิเคราะห์หาค่าของแข็ง จึงมีชนิดต่าง ๆ ของของแข็งที่จะหา แล้วแต่วัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ ซึ่งแยกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2. ของแข็งระเหยและของแข็งคงตัว (Volatile and fixed solids) วัตถุประสงค์อย่างหนึ่งของการหาค่าของแข็งของน้ำเสียจากโรงงาน บ้านเรือน และ sludge คือ การหาปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำ สามารถทำได้ โดยการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส สารอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนไปเป็น CO_2 และ H_2O ที่อุณหภูมินี้ น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของสารอินทรีย์ในตัวอย่าง ฉะนั้น การหาค่า Volatile solids อาจจะเป็นของ Total Volatile solids หรือ Volatile suspended solids)

3. ของแข็งตกตะกอน (Settleable Solids) หมายถึง ของแข็งใน Suspension (ของเหลวที่มีสิ่งห้อยแขวนอยู่) ซึ่งจะนอนก้นเนื่องจากแรงถ่วงภายใต้สภาวะที่สงบนิ่ง ค่านี้มีประโยชน์มากในการพิจารณาสร้างถังตกตะกอน

4. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids) หมายถึง ของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างน้ำ มีประโยชน์มากในการพิจารณาความเหมาะสมของน้ำที่จะนำมาทำเป็นน้ำบริโภค อุปโภค

2.6.7 Total Nitrogen

ไนโตรเจนในน้ำและน้ำเสียมีหลายรูปที่สำคัญ ได้แก่ ไนเตรท (NO_3^-N) ไนไตรท์ (NO_2^-N) แอมโมเนีย และอินทรีย์ไนโตรเจน การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนีย สามารถวิเคราะห์ได้ในรูปของ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) หรือเรียก Kjeldahl nitrogen (TKN) ตามเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ "Kjeldahl nitrogen"เป็นผลรวมของอินทรีย์ไนโตรเจนกับแอมโมเนียไนโตรเจน

สารประกอบไนโตรเจนในรูปต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้น ยังรวมถึงก๊าซไนโตรเจน (N_2) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในวัฏจักรของไนโตรเจน (Nitrogen Cycle) อีก

2.6.8 Oil & Grease

น้ำมันและไขมัน หมายถึง กลุ่มของสารอินทรีย์ที่ละลายหรือแขวนลอยน้ำ สามารถสกัดได้โดยเฮกเซน หรือฟรีออน สารที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายนี้ ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน, เอสเทอร์, น้ำมัน, ไขมัน, แวกซ์ และกรดอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ ซึ่งสารเคมีเหล่านี้เป็นปัญหาในการบำบัดน้ำเสีย เพราะละลายน้ำได้ยากและมักจะลอยตัวอยู่ที่ผิวหน้าทำให้เกิดปัญหาตะกอนลอยในถังบำบัดตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

วิธีดำเนินการวิจัย

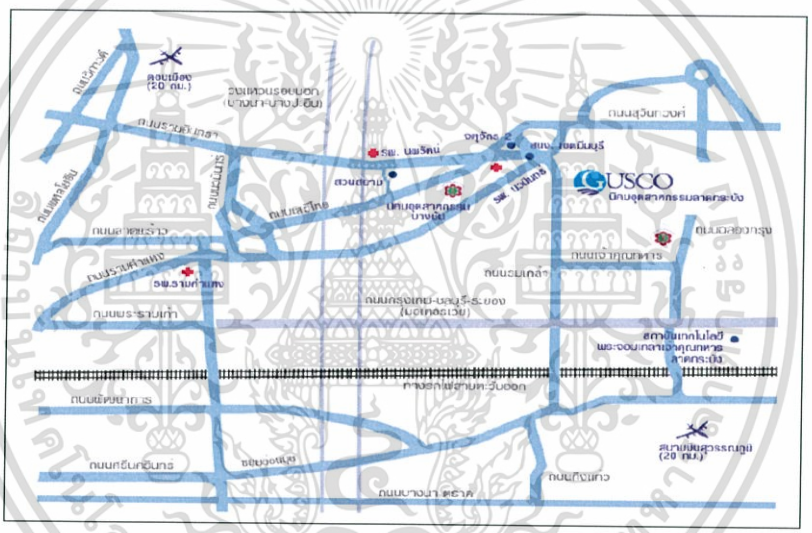
3.1 แหล่งที่มาของน้ำเสีย

ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

3.1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

บริษัท โกลบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด หน่วยงานนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง 40 ซอยฉลองกรุง 31 แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

แผนที่ตั้ง บริษัท โกลบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด หน่วยงานนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้งของหน่วยงาน GUSCO

สถานที่ตั้ง	:	เขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
จำนวนผู้ประกอบการ	:	227 โรงงาน
จำนวนพื้นที่	:	2,547 ไร่
ระบบน้ำประปา	:	ปริมาณการผลิตน้ำสูงสุด 20,000 ลบ.ม. / วัน
ระบบบำบัดน้ำเสีย	:	ระบบ Activated Sludge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการกำจัดน้ำเสียโดยเฉลี่ย : 18,600 ลบ.ม./วัน

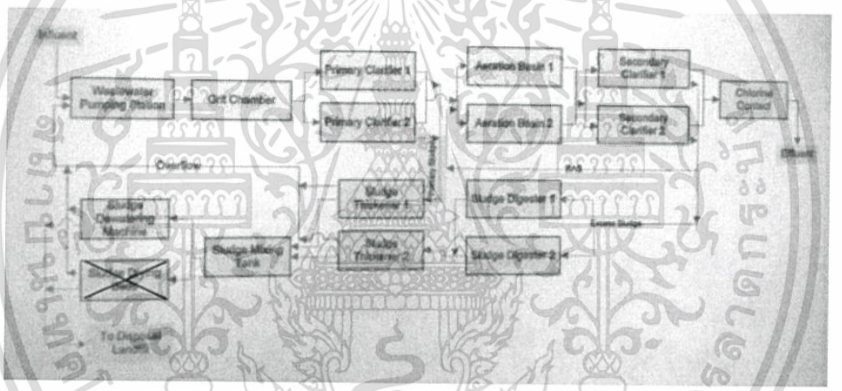
ระบบป้องกันน้ำท่วม : สถานีสูบระบายน้ำ 7 สถานี

ปริมาณการสูบน้ำสูงสุด : 50,000 ลบ.ม./ชั่วโมง

3.1.2 การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง เฟส 1 และ 2

ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นบ่อเติมอากาศแบบยืดเวลาโดยใช้กระบวนการตะกอนเร่งมีขนาดประมาณ 10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังเฟส 1 และ 2 การบำบัดน้ำเสียแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักดังนี้ แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง เฟส 1และ 2

1) การบำบัดน้ำเสียขั้นต้น น้ำเสียจากนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง เฟส 1 และ 2 จะไหลมายังจุดรวบรวมน้ำเข้าระบบซึ่งติดตั้งตะแกรงหยาบเพื่อกำจัดเศษขยะและวัสดุขนาดใหญ่ ซึ่งขยะที่ติดบนตะแกรงจะมีการกำจัดออกโดยใช้แรงคน จากนั้นน้ำเสียจะถูกสูบผ่านถังตกตะกอนทราย เพื่อกำจัดตะกอนทรายและสิ่งแขวนลอยอื่นๆ

หน่วยการบำบัดเบื้องต้น

(1) ตะแกรงหยาบ

(2) เครื่องสูบน้ำเสียจำนวน 5 ชุด (ทำงาน 4 ชุด , สำรอง 1 ชุด)

(3) รางตกตะกอนทราย 2 ชุด

(4) บ่อปรับสภาพ 1 ถัง พร้อมชุดเตรียมและจ่ายสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) มาตรวัดอัตราการไหลน้ำเสีย

(6) ถังตกตะกอนขั้นต้น 2 ถัง

รางตกตะกอนทรายจะควบคุมความเร็วไว้ไม่ให้เกิน 1 เมตรต่อวินาที ที่ค่าออกแบบการไหลของน้ำเสีย ซึ่งที่ความเร็วดังกล่าวเพียงพอที่จะให้เกิดการแขวนลอยของสารอินทรีย์ในน้ำเสียในขณะที่ตะกอนทรายจะตกตะกอนอยู่ที่ก้นถัง และรวบรวมออกไปยังรางตกตะกอน กระบวนการปรับสภาพน้ำเสียโดยการปรับpHด้วยสารเคมียังมีอยู่ในขั้นตอนการบำบัดเบื้องต้น แต่ปัจจุบันไม่มีการใช้งานเนื่องจากค่า pH อยู่ในช่วงที่เหมาะสมอยู่แล้ว น้ำเสียที่ผ่านรางดักตะกอนทรายจะไหลลงถังตกตะกอนขั้นต้นเพื่อลดอนุภาคสารแขวนลอยในน้ำเสียคิดเป็นประมาณ 40-60% และลดปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (BOD) คิดเป็นประมาณ 30-40% ซึ่งผลจากการบำบัดข้างต้นจะช่วยลดอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของน้ำเสียก่อนเข้าสู่การบำบัดขั้นที่สอง

2) การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2 หลังจากผ่านการบำบัดข้างต้นแล้วน้ำเสียจะไหลด้วยแรงโน้มถ่วงไปยังบ่อเติมอากาศเพื่อบำบัดขั้นต่อไป

หน่วยการบำบัดประกอบด้วย

(1) ถังเติมอากาศ 2 ถัง แต่ละถังมีความจุ 4,750 ลูกบาศก์เมตร (เครื่องเติมอากาศขนาด 60 HP 4 ตัว และ 40 HP 2 ตัว)

(2) ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย 2 ถัง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เมตร

(3) เครื่องสูบตะกอนหมุนเวียน

(4) เครื่องสูบตะกอนส่วนเกิน

ถังเติมอากาศแต่ละถังประกอบด้วยเครื่องเติมอากาศขนาด 60 HP 2 ตัว และ 40 HP 1 ตัว เพื่อเติมอากาศให้กับน้ำเสียในถัง ประสิทธิภาพในการเติมอากาศของเครื่อง 2 - 4 กก. O_2 / กก.BOD ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการเติมอากาศและการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์

คันกั้นรอบบ่อเติมอากาศบดอัดด้วยวัสดุกั้นรั่วซึมมีความกว้างด้านบน 2.4 เมตร ทางน้ำเข้าบ่อเติมอากาศจะเข้าทางด้านหน้าซึ่งเป็นจุดที่น้ำเสียจะผสมกับตะกอนหมุนเวียนจากถังตกตะกอนขั้นที่ 2 โดยตะกอนหมุนเวียนเป็นการนำจุลินทรีย์กลับคืนสู่ระบบปฏิกิริยาแอนอ็อกซิกและเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นที่บริเวณทางน้ำออก(ด้านทิศใต้ตรงกับข้ามกับทางน้ำเข้า) ควรให้มีระยะเวลา-ระยะทางระหว่างทางน้ำเข้าและทางน้ำออกให้มากที่สุด

อัตราการใช้ออกซิเจนภายในถังเติมอากาศขึ้นอยู่กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ pH อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเติมอากาศ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเสีย โดยปริมาณออกซิเจนละลายในถังเติมอากาศจะควบคุมอยู่ที่ 1.5-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การย่อยสลายของมลสารจะตรวจวัดในรูปของค่า BOD_5 และปริมาณของแข็งแขวนลอย โดยปกติมีค่าอยู่ระหว่าง 85-95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลด้วยแรงโน้มถ่วงจากบ่อเติมอากาศไปยังถังตกตะกอนขั้นที่ 2 ซึ่งตะกอนจะถูกกำจัดออกที่นี้ ถังตกตะกอนทรงกรวยออกแบบให้รับน้ำเสียเข้าส่วนกลางของถังมีการติดตั้งอุปกรณ์รวบรวมตะกอนที่ก้นถังและใบกวาดที่ผิวน้ำโดยติดตั้งให้อยู่ในทิศทางการไหลของน้ำเสียระหว่างศูนย์กลางของถังและเวียร์น้ำล้น

3) การกำจัดตะกอน

หน่วยการกำจัดตะกอนประกอบด้วย

(1) บ่อย่อยตะกอน 2 ถัง ขนาด 1,000 ลูกบาศก์เมตร

(2) เครื่องสูบตะกอน 2 ชุด

(3) บ่อเพิ่มความเข้มข้นตะกอน 2 ชุด (ขนาด 1,000 และ 700 ลูกบาศก์เมตร)

4) ระบบการเตรียมและจ่ายสารเคมี

รูปที่ 3.4 บ่อเก็บตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

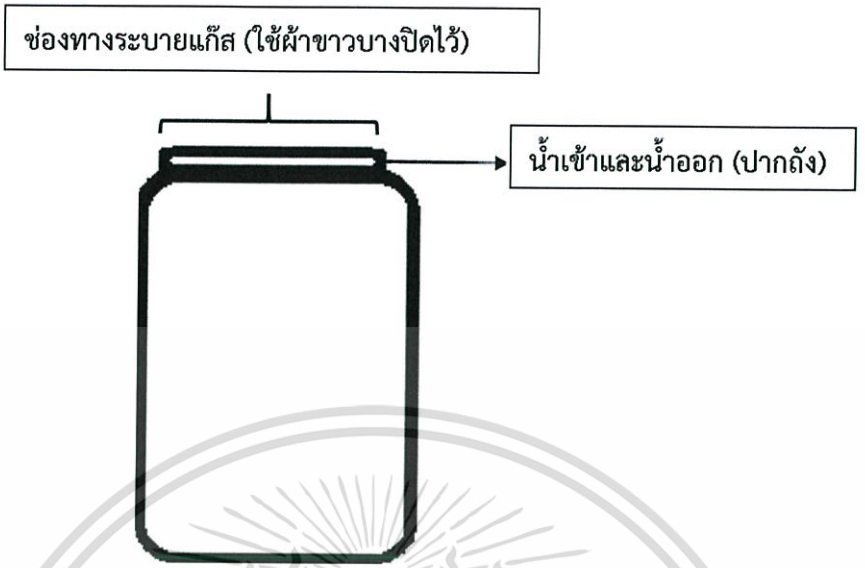
ตะกอนส่วนเกินที่มีความเข้มข้น 4,000-8,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.4-0.8%) จะไหลด้วยแรงโน้มถ่วงไปยังบ่อเก็บตะกอน ตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบไปยังถังตะกอนข้นเพื่อลดมวลตะกอนและอีกส่วนจะถูกส่งกลับไปยังคลองเวียน ถังตะกอนขั้นถูกใช้ในการลดกิจกรรมของตะกอนรวมถึงทำให้คุณสมบัติการลดน้ำเพิ่มขึ้น

น้ำที่ไหลจากถังตะกอนข้นจะไหลกลับไปยังต้นทางของระบบ ตะกอนเข้มข้นที่ก้นถังตะกอนเข้มข้นจะถูกส่งตรงไปยังสายพานรีดตะกอนเพื่อลดปริมาณน้ำก่อนที่จะทำให้แห้งที่ลาดตากตะกอนตะกอนแห้งซึ่งมีน้ำปนอยู่ประมาณ 10% จะถูกนำไปทิ้งไปยังสถานที่ทิ้งตะกอนต่อไป

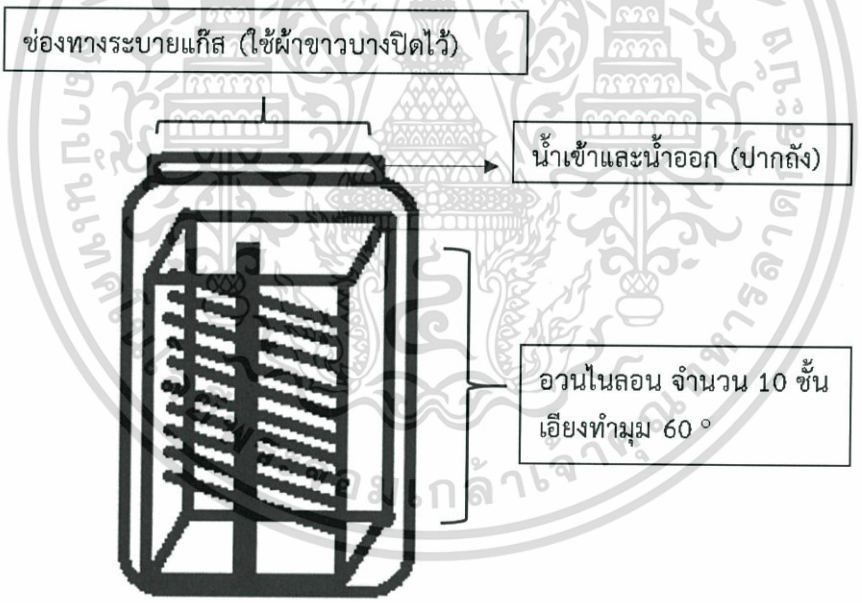
รูปที่ 3.5 การรีดน้ำออกจากตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แบบจำลองถังบำบัด



รูปที่ 3.6 ถังบำบัดที่ไม่มีตัวกลาง



รูปที่ 3.7 ถังบำบัดที่มีไนลอนเป็นตัวกลาง

ในการวิจัยทำการทดลองทั้งหมด 4 ถัง ดังนี้

ถังที่1 จะไม่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ ไม่มีตัวกลาง

ถังที่2 จะไม่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ มีตัวกลาง

ถังที่3 จะมีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ ไม่มีตัวกลาง

ถังที่4 จะมีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ มีตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สารเคมีที่ใช้

1. เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
2. แมกนีเซียมซัลเฟต
3. แคลเซียมคลอไรด์
4. ไอร์ออน (III) คลอไรด์
5. กลูโคส
6. โพแทสเซียมไดโครเมต
7. สารละลายเฟอร์โรอินดิเคเตอร์
8. กรดซัลฟิวริก
9. สารละลายมาตรฐาน KHP
10. สารละลายมาตรฐาน FAS
11. กลูโคส
12. ปรอทซัลเฟต
13. กระดาษกรองใยแก้ว
14. กรดกำมะถัน เข้มข้น H_2SO_4
15. เฮกเซน
16. โซเดียมซัลเฟต
17. เอทานอล
18. สารละลายมาตรฐาน KHP

3.4 อุปกรณ์

1. ขวดบีโอดี ขนาด 300 ml พร้อมจุกแก้ว และฝาพลาสติกที่ปิดได้สนิท
2. ตู้ควบคุมอุณหภูมิควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ± 1 ºC
3. ปิเปต
4. กระบอกตวง
5. เครื่องวัด DO
6. อุปกรณ์เติมอากาศ
7. หลอดย่อยสลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ฮีทติ้งบล็อค
9. ไมโครปิเปต
10. แท่งแม่เหล็ก
11. ขวดปรับปริมาตร
12. ปิเปต
13. ลูกยาง
14. บิวเรต 50 ml
15. ขวดลูกชมพู่ 50 ml
16. ชุดกรองลดความดัน
17. กระจกนาฬิกา
18. ถ้วยระเหย
19. เครื่องชั่งละเอียด
20. โถดูดความชื้น
21. กรวยแยก
22. กรวยกรอง
23. บีกเกอร์
24. กระดาษกรองใยแก้ว
25. ขวด Vial
26. ฟิลเตอร์ตัวกรอง
27. Syringe
28. เครื่อง TOC –TN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การดำเนินการทดลอง

3.5.1 การสร้างถังบำบัดน้ำเสีย

จัดซื้อถัง และอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ผ้าอวนไนลอน เอ็นเส้นเล็ก เชือก เข็ม ท่อแกน และข้อต่อท่อแล้วจัดทำตัวกลางสำหรับที่ยึดเกาะของเชื้อจุลินทรีย์ ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 ตัวกลางที่ยึดเกาะของเชื้อจุลินทรีย์

3.5.2 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย

ทำเรื่องขอความอนุเคราะห์น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารประมาณ 200 ลิตร จากนั้นไปเก็บตัวอย่างน้ำเสียโดยใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) รักษาไว้อุณหภูมิห้อง ทำการวัดค่าพารามิเตอร์หลัก ๆ ได้แก่ ค่า pH , อุณหภูมิ, ค่า Conductivity, BOD, COD, SS , Nitrogen และ Oil and Grease

3.5.3 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียตัวอย่าง

นำน้ำเสียที่ได้มาใส่ลงในถังบำบัดที่ได้เตรียมไว้ทั้ง 4 ถังโดยถังที่ 1-2 จะเป็นของวิธีแบบแขวนลอย โดยถังที่ 1 จะใส่เชื้อจุลินทรีย์ลงไป และถังที่ 2 จะไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเป็นชุดควบคุม ถัง 3-4 จะเป็นของวิธีการตรึงไบโอฟิล์ม ถังที่ 3 จะใส่เชื้อจุลินทรีย์ และถังที่ 4 ไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์เป็นชุดควบคุม เก็บตัวอย่างน้ำทีผ่านการบำบัด อาทิตย์ละ1ครั้ง และทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามวิธีในข้อ 3

3.5.4 สรุปผลการดำเนินงาน

ทำการสรุปผลเปรียบเทียบประประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์ แบบแขวนลอย และจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย ดำเนินการตาม Standard method (APHA 1998)[18] ดังตาราง

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
pH	pH meter
Conductivity	Conduct meter
อุณหภูมิ	วัดได้ด้วยเครื่อง pH meter
COD	Closed Reflux Method
BOD_5	BOD_5 dilution
SS	วิธีการกรอง
TDS	วิธีการกรอง
Oil & Grease	การสกัดด้วยเฮกเซน
Total nitrogen	เครื่อง TOC-TN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด

สี	เหลือง
กลิ่น	เหม็น
อุณหภูมิ	29.8 องศา

4.2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด

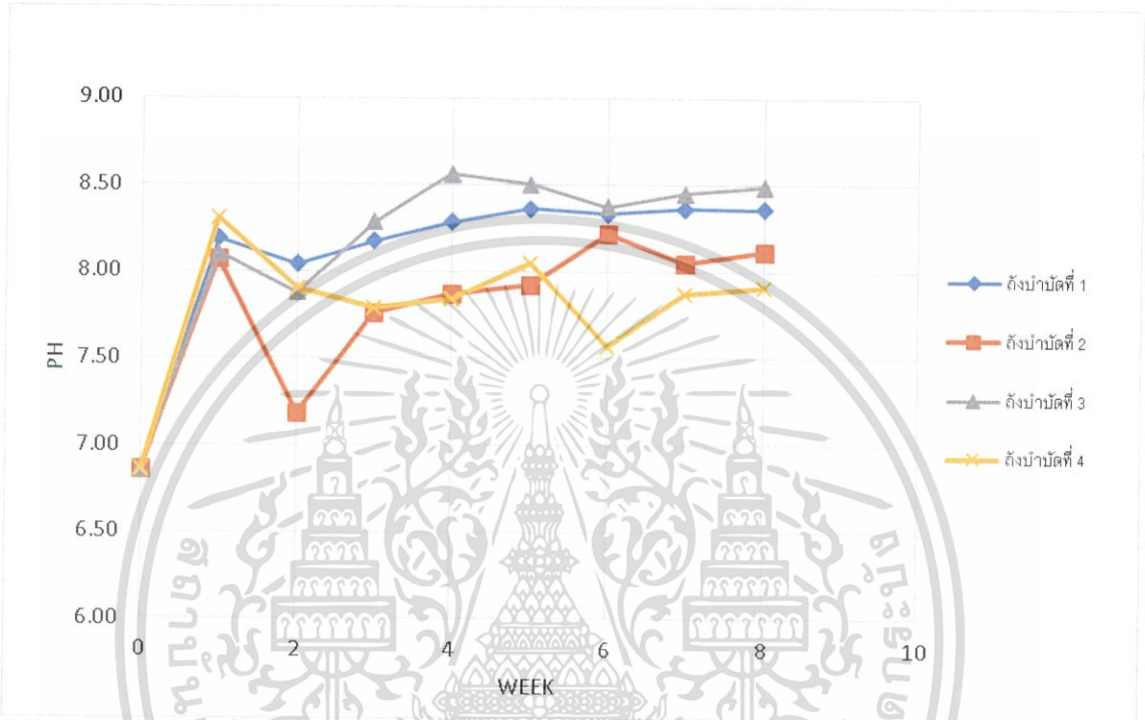
ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าที่วัดได้	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม
pH		6.84-6.90	6.86	0.012	5.5-9
Conduct	µs	13.4-14.2	13.9	0.22	
BOD	mg/L	155.09	155.09	0	ไม่เกิน 20 mg/l
COD	mg/L	54	54	0	ไม่เกิน 120 mg/l
SS	mg/L	0.032-0.166	0.099	0.067	ไม่เกิน 50 mg/l
TDS	mg/L	1.596-1.764	1.68	0.084	ไม่เกิน 3,000 mg/l
Oil&Grease	mg/L	193.5-195.7	194.6	1.1	ไม่เกิน 5.0 mg/l
TN	mg/L	66.51-66.83	66.67	0.16	ไม่เกิน 100 mg/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาค่า pH ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า pH เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.1



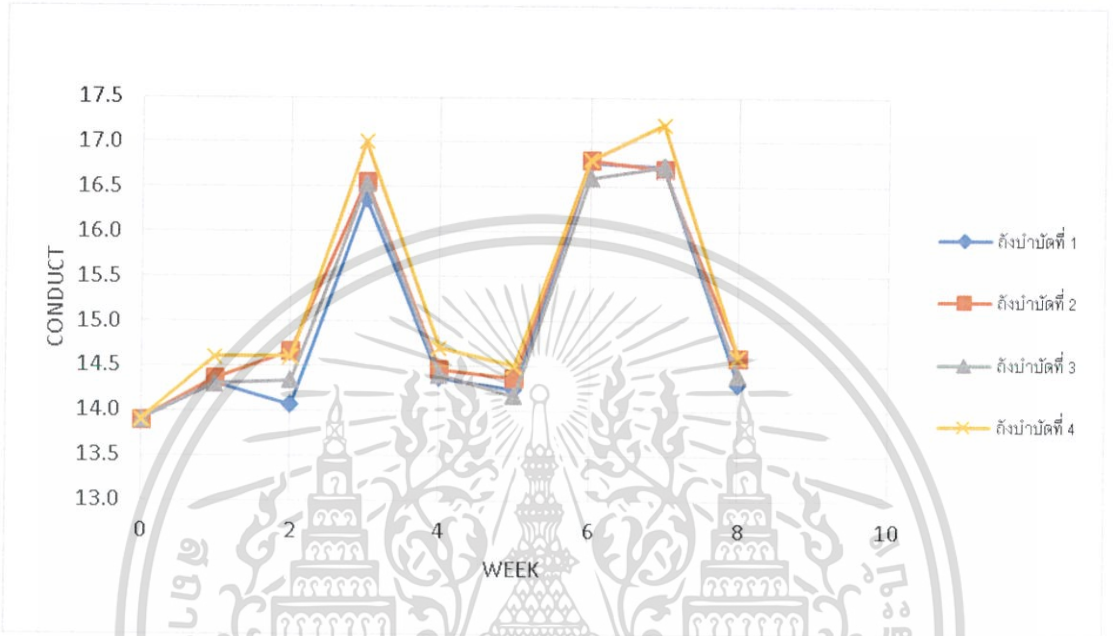
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด

รูปที่ 4.1 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถังโดยทำการวัดค่า pH เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่า pH เริ่มต้น เท่ากับ 6.86 โดยถังบำบัดที่ 1 จะพบว่าค่า pH จะอยู่ในช่วง 6.86-8.36 ถังบำบัดที่ 2 จะพบว่าค่า pH จะอยู่ในช่วง 6.86-8.12 ถังบำบัดที่ 3 จะพบว่าค่า pH จะอยู่ในช่วง 6.86- 8.49 และ ถังบำบัดที่ 4 จะพบว่าค่า pH จะอยู่ในช่วง 6.86-7.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการศึกษาค่า Conduct ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า Conduct เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Conduct ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด

รูปที่ 4.2 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า Conduct เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่า Conduct เริ่มต้น เท่ากับ 13.9 โดยถังบำบัดที่ 1 จะพบว่าค่า Conduct จะอยู่ในช่วง 13.9-16.8 ถังบำบัดที่ 2 จะพบว่าค่า Conduct จะอยู่ในช่วง 13.9-16.8 ถังบำบัดที่ 3 จะพบว่าค่า Conduct จะอยู่ในช่วง 13.9-16.7 และ ถังบำบัดที่4 จะพบว่าค่า pH จะอยู่ในช่วง 13.9-17.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการศึกษาค่า COD ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า COD เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.3

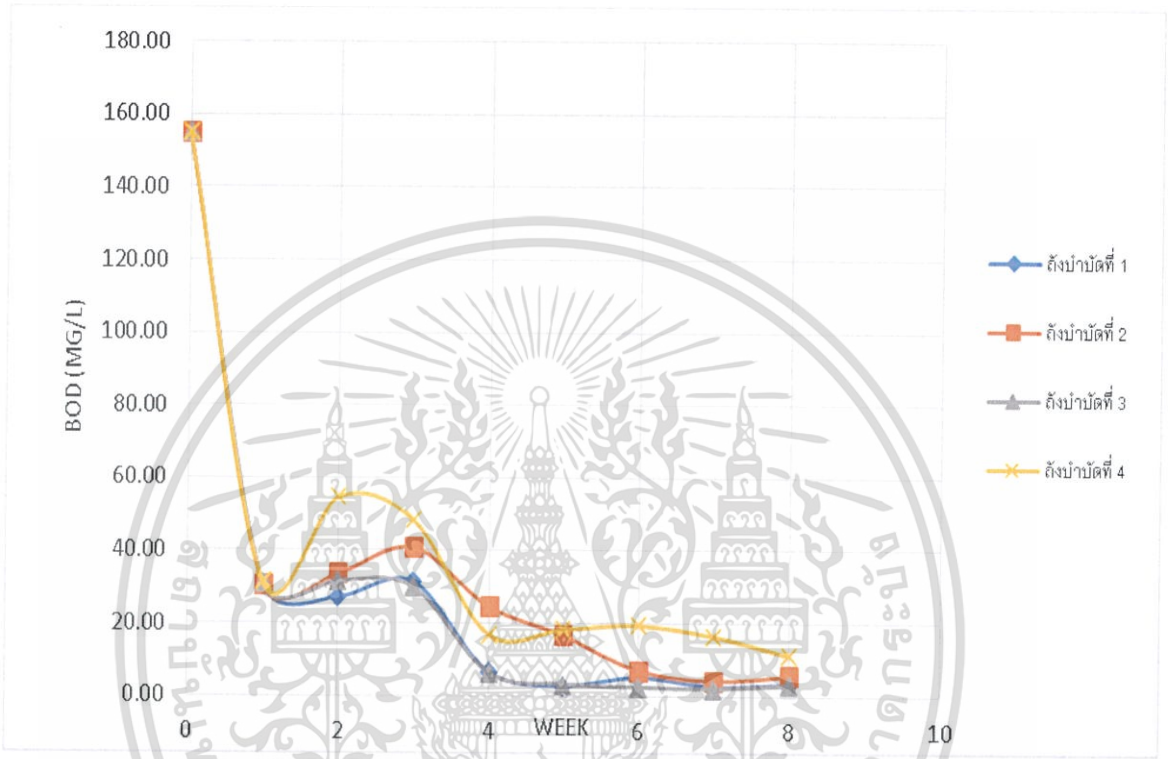
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า COD ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ ในการบำบัด

รูปที่ 4.3 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า COD เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าถังที่ 1 มีค่า COD ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 1 ถังที่ 2 มีค่า COD ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 ถังที่ 3 มีค่า COD ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 2 และ ถังที่ 4 มีค่า COD ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 1 ดังที่แสดงในรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการศึกษาค่า BOD ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า BOD เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.4



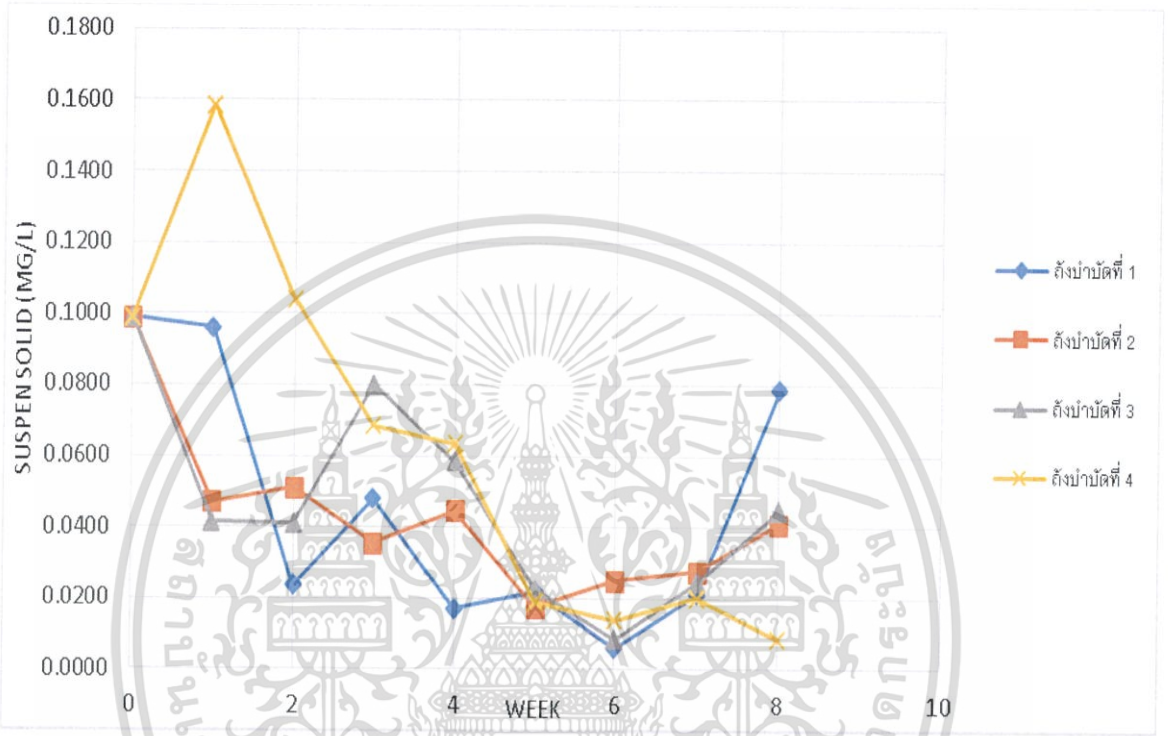
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า BOD ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด

รูปที่ 4.4 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า BOD เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าถังที่ 1 มีค่า BOD ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 7 ถังที่ 2 มีค่า BOD ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 7 ถังที่ 3 มีค่า BOD ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 7 และ ถังที่ 4 มีค่า BOD ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 ดังที่แสดงในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ผลการศึกษาค่า Suspended Solid ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า Suspended Solid เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.5



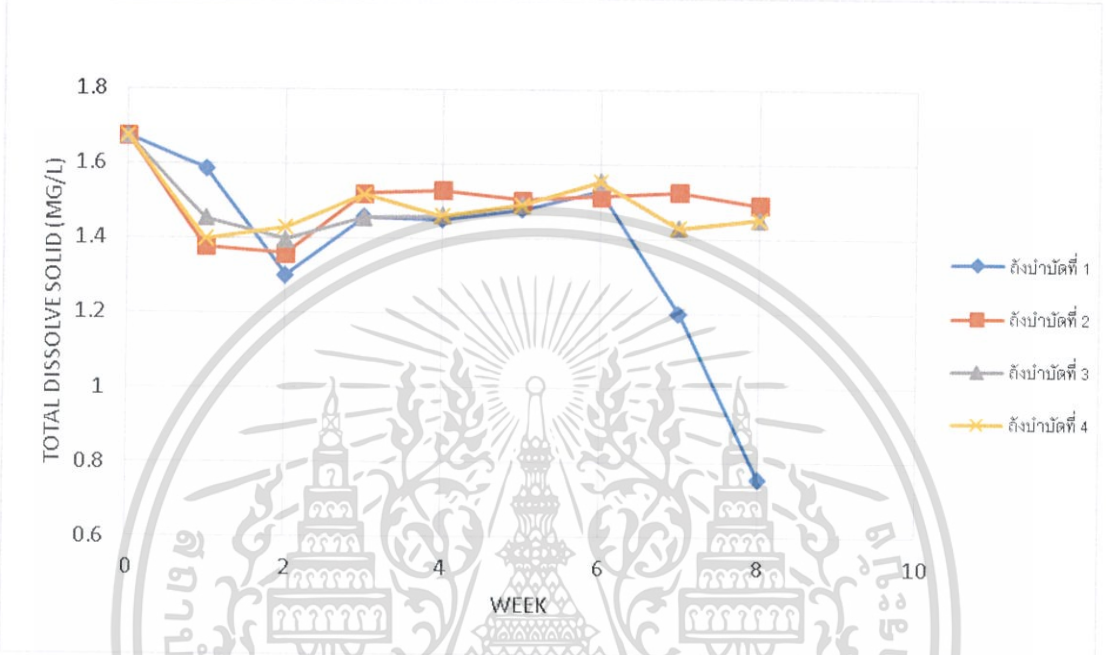
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Suspended Solid ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด

รูปที่ 4.5 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า Suspended Solid เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าถังที่ 1 มีค่า Suspended Solid ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 6 ถังที่ 2 มีค่า Suspended Solid ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 5 ถังที่ 3 มีค่า Suspended Solid ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 6 และ ถังที่ 4 มีค่า Suspended Solid ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 ดังที่แสดงในรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ผลการศึกษาค่า Total Dissolves Solid ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า Total Dissolves Solid เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.6



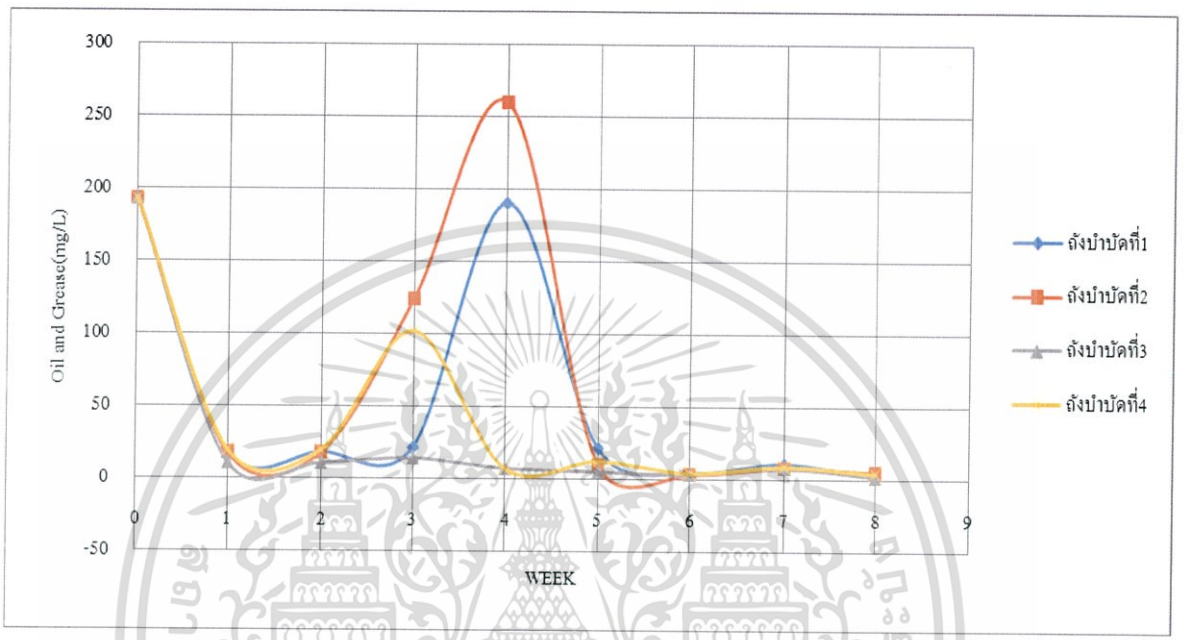
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Total Dissolves Solid ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลา ที่ใช้ในการบำบัด

รูปที่ 4.6 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัด Total Dissolves Solid เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าถังที่ 1 มีค่า Total Dissolves Solid ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 ถังที่ 2 มีค่า Total Dissolves Solid ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 2 ถังที่ 3 มีค่า Total Dissolves Solid ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 2 และ ถังที่ 4 มีค่า Total Dissolves Solid ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 1 ดังที่แสดงในรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 ผลการศึกษาค่า Oil and Grease ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า Oil and Grease เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.7



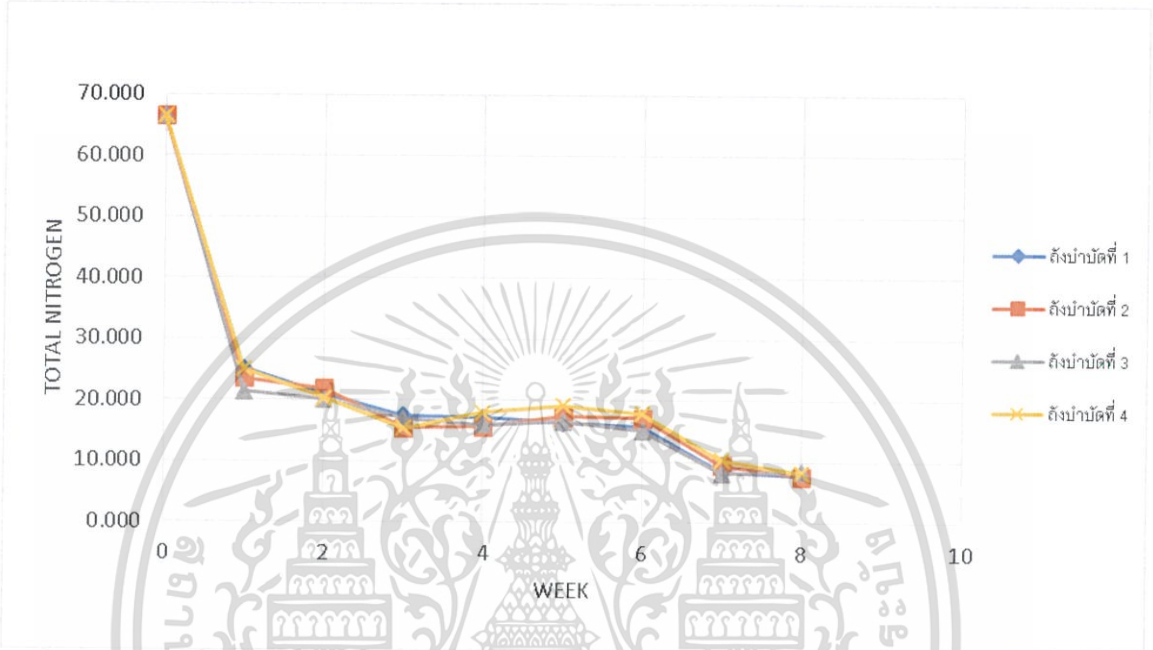
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Oil and Grease ของน้ำเสียทั้ง 4ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด

รูปที่ 4.7 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัด Oil and Grease เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าถังที่ 1 มีค่า Oil and Grease ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 ถังที่ 2 มีค่า Oil and Grease ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 5 ถังที่ 3 มีค่า Oil and Grease ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 และ ถังที่ 4 มีค่า Oil and Grease ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 ดังที่แสดงในรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 ผลการศึกษาค่า Total Nitrogen ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตรึงจุลินทรีย์และแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัดค่า Total Nitrogen เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Total Nitrogen ของน้ำเสียทั้ง 4 ถังบำบัดกับระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด

รูปที่ 4.8 จากการทดลองน้ำเสียทั้ง 4 ถัง โดยทำการวัด Total Nitrogen เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าถังที่ 1 มีค่า Total Nitrogen ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 ถังที่ 2 มีค่า Total Nitrogen ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 ถังที่ 3 มีค่า Total Nitrogen ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 และ ถังที่ 7 มีค่า Total Nitrogen ต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 ดังที่แสดงในรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารด้วยวิธีตรึงและแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด ซึ่งระบบทั้งสองนี้การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศเป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องอาศัยออกซิเจนละลายน้ำ หรือออกซิเจนอิสระในการย่อยสลายสารอินทรีย์อาศัยการทำงานของแบคทีเรียสองกลุ่ม คือกลุ่มที่สร้างกรด และกลุ่มที่สร้างมีเทน[1] สำหรับการบำบัดด้วยวิธีตรึงจุลินทรีย์จะเหมาะสำหรับบำบัดด้วยระบบที่มีการไหลเวียนของน้ำเสียและอากาศมากกว่าระบบปิดเนื่องจาก จุลินทรีย์จะไม่หลุดไปกับ การไหลของน้ำเสีย เนื่องจากมีที่ที่ตัวกลางยึดเกาะกันกลายเป็นเมือกชีวภาพเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย และในการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์ในระบบปิดจะประสบปัญหาในการที่เชื้อจุลินทรีย์จะตกตะกอนลงไปที่ก้นถังบำบัด ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียลดน้อยลง และในการเก็บตัวอย่างน้ำมาการเก็บรักษาตัวอย่างทำได้ยาก สารช่วยรักษาเกือบทุกตัวขัดขวางการหาสารบางตัว ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ควรทำการวิเคราะห์ทันที การเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ในวันถัดมาจัดว่าเป็นวิธีที่เหมาะที่สุด ควรใช้สารเคมีในการเก็บรักษาต่อเมื่อสารนั้นไม่ขัดขวางการวิเคราะห์ และให้เติมลงในขวดตัวอย่างก่อนทำการเก็บ เพื่อว่าทุกๆส่วนของตัวอย่างจะถูกเก็บรักษาทันทีที่ทำการเก็บ วัตถุประสงค์ในการเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อชะลอปฏิกิริยาทางชีววิทยาชะลอการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารเคมีและสารเชิงซ้อน และเพื่อลดการระเหยตัวของส่วนประกอบของสาร วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างทำได้โดยการควบคุมความเป็นกรด-ด่างการเติมสารเคมี การแช่เย็น และการแช่แข็ง [4] จากเหตุผลนี้อาจทำให้ทราบได้ว่าน้ำเสียที่เราเก็บมาเริ่มต้นไม่ได้มีการวิเคราะห์โดยทันที แต่มีการเก็บน้ำไว้วิเคราะห์หลังจาก 1 สัปดาห์ผ่านไปโดยไม่มีการเก็บรักษาน้ำอย่างถูกวิธี อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนระยะเวลาที่ยอมให้มากที่สุดที่จะเก็บตัวอย่างไว้ก่อนทำการวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมีเป็นดังนี้ น้ำสะอาด (Unpolluted water) 72 ชั่วโมง น้ำค่อนข้างสกปรก (Slightly polluted water) 48 ชั่วโมง น้ำสกปรก (Polluted water) 24 ชั่วโมง [3] และในผลการทดลองของ น้ำมัน และไขมันจะเห็นว่าค่าที่ได้ไม่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันอาจจะเนื่องจากการเกิด emulsion [17] ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารด้วยวิธีตรึงและแขวนลอยจุลินทรีย์แบบระบบปิด จะพบว่าถังบำบัดทั้ง 4 ถัง มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียไม่แตกต่างกัน โดยจะมีค่าจากการทดลองของพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียเริ่มต้น กับน้ำเสียวันสุดท้าย ดังนี้ ค่าBOD เริ่มต้นเท่ากับ 155.09 mg/l ลดลงเหลือ 2.92 mg/l ค่าCOD เริ่มต้นเท่ากับ 61.20 mg/l ลดลงเหลือ 50.67 mg/l ค่า Suspended Solid เริ่มต้นเท่ากับ 0.0990 mg/l ลดลงเหลือ 0.0585 mg/l จากการศึกษาค่าของ Total Dissolve Solid จะพบว่าน้ำเสียในถังบำบัดที่1 โดยจะมีค่า Total Dissolve Solid ต่ำสุด โดยค่า Total Dissolve Solid เริ่มต้นเท่ากับ 1.674 mg/l ลดลงเหลือ 1.452 mg/l ค่า Oil and Grease ต่ำสุด ค่า Oil and Grease เริ่มต้นเท่ากับ 193.5 mg/l ลดลงเหลือ 2.5 mg/l มีค่า Total Nitrogen เริ่มต้นเท่ากับ 66.510 mg/l ลดลงเหลือ 8.369 mg/l

5.2 ข้อเสนอแนะ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีตรึงจุลินทรีย์จะเหมาะสมกับระบบ flow มากกว่าระบบปิด เนื่องจากจุลินทรีย์จะมีประสิทธิภาพการบำบัดมากกว่า และในการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลองไม่ควรเก็บไว้นาน ควรรีบทำให้เร็วที่สุดเพื่อประสิทธิภาพและความแม่นยำในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ. (2537). ***คู่มือผู้ให้บริการตรวจสอบระบบบำบัดนาเสียเล่มที่ 4 ใน โครงการจัดทำคู่มือดำเนินงานระบบบำบัดเสียและการใช้มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร.*** กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์

[2] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2545). **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ .** สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย , กรุงเทพฯ

[3] กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข. (2537). **คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[4] กรรณิการ์ สิริสิงห์. (2525). **เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์.** พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัทประยูรวงศ์ จำกัด, กรุงเทพฯ

[5] กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. (2545). **น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ**: โรงพิมพ์คุรุสภา.

[6] คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2538). **การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] ธงชัย พรรณสวัสดิ์; และคณะ. (2525). **น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล.** กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและพลังงาน.

[8] ธงชัย พรรณสวัสดิ์; และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิ์ศักดิ์. (2540). **คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

[9] มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2542). **เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม.** โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ

[10] วีระ ตั้งชวาล. (2545). **เคมีของนาและการบำบัดน้ำเสีย.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[11] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2544). **ประมวลสาระชุดวิชาการจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม .** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช , นนทบุรี

[12] องค์การจัดการน้ำเสีย. (2540). **หลักการจัดการน้ำเสีย.** จาก http:// www.wma.or.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] อาภาวรรณ พ่อค้า. สมพงศ์ โอทอง. สุภฎา คีรีรัฐนิคม. นุกูล อินทระสังขา. (2555). **การคัดเลือกตัวกลางที่เหมาะสมต่อการยึดเกาะเมือกชีวภาพเพื่อบำบัดไนเทรตจากน้ำทิ้งการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง.** วารสารมหาลัยวิทยาลัยทักษิณ

[14] **Characterization of Bacterial Biofilms for Wastewater Treatment**

[15] Journey, W.K. and McNiven. 1996 , **Anaerobic Enhanced Treatment of Wastewater and Options for Further Treatment**

[16] Eckenfelder, WW., Jr. 2000. **Industrial water pollution control .** Third edition. McGraw-Hill , Singapore

[17] [Online]. Available : http://www.greenwatertreat.com/15414821/**ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศanerobic-digestion**

[18] **Standard Method for the Examination of Water and Wastewater** (1972). 14 th Edition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)	pH 5.5 – 9.0
ค่าทีดีเอส (TDS/Total Dissolved Solids)	· ไม่เกิน 3,000 mg/l หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 mg/l · น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 mg/l หรือลงสู่ทะเล ค่า TDS ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่า TDSที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อย หรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 mg/l
สารแขวนลอย (Suspended Solids)	· ไม่เกิน 50 mg/l หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150mg/l
อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40 °C
สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
ซัลไฟด์ (Sulfide)	ไม่เกิน 1.0 mg/l
ไซยาไนด์ (Cyanide)	ไม่เกิน0.2 mg/l
น้ำมันและไขมัน	· ไม่เกิน 5.0 mg/l หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 mg/l
ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 mg/l
สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 mg/l
คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 mg/l
สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
ค่าบีโอดี (5 วันที่อุณหภูมิ 20°C / Biochemical Oxygen Demand: BOD)	· ไม่เกิน 20 mg/l หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 60mg/l
ค่าทีเคเอ็น (TKN: Total Kjeldahl Nitrogen)	· ไม่เกิน 100 mg/l หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 200 mg/l
ค่าซีโอดี (COD: Chemical Oxygen Demand)	· ไม่เกิน 120 mg/l หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 400 mg/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลหะหนัก	
สังกะสี	ไม่เกิน 5.0 mg/l
โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 mg/l
โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 mg/l
ทองแดง	ไม่เกิน 2.0 mg/l
แคดเมียม	ไม่เกิน 0.03 mg/l
แบเรียม	ไม่เกิน 1.0 mg/l
ตะกั่ว	ไม่เกิน 0.2 mg/l
นิคเกิล	ไม่เกิน 1.0 mg/l
แมงกานีส	ไม่เกิน 5.0 mg/l
อาร์เซนิค	ไม่เกิน 0.25 mg/l
เซเลเนียม	ไม่เกิน 0.02 mg/l
ปรอท	ไม่เกิน 0.005 mg/l

แหล่งที่มา: ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดค่า pH จาก pH meter ของถังบำบัดทั้ง 4 ถัง

สัปดาห์ที่	ซ้ำที่	pH ถังที่1	pH ถังที่2	pH ถังที่3	pH ถังที่4
0	1	6.90	6.90	6.90	6.90
	2	6.85	6.85	6.85	6.85
	3	6.84	6.84	6.84	6.84
1	1	8.18	8.08	8.1	7.98
	2	8.20	8.06	8.1	7.97
	3	8.19	8.07	8.11	7.98
2	1	8.02	7.2	7.83	7.89
	2	8.06	7.15	7.9	7.91
	3	8.03	7.21	7.91	7.9
3	1	8.14	7.78	8.27	7.8
	2	8.19	7.75	8.3	7.78
	3	8.19	7.76	8.28	7.79
4	1	8.30	7.88	8.47	7.85
	2	8.27	7.86	8.46	7.83
	3	8.28	7.87	8.46	7.84
5	1	8.36	7.92	8.49	8.05
	2	8.37	7.92	8.52	8.04
	3	8.36	7.91	8.5	8.04
6	1	8.33	8.23	8.36	7.57
	2	8.33	8.22	8.39	7.57
	3	8.32	8.22	8.37	7.56
7	1	8.35	8.07	8.44	7.86
	2	8.37	8.04	8.45	7.89
	3	8.37	8.05	8.46	7.85
8	1	8.35	8.11	8.48	7.91
	2	8.37	8.12	8.49	7.92
	3	8.36	8.12	8.49	7.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Conductivity ของถังบำบัดทั้ง 4 ถัง

สัปดาห์ที่	ซ้ำที่	Conductivity ถังที่1	Conductivity ถังที่2	Conductivity ถังที่3	Conductivity ถังที่4
0	1	13.40	13.40	13.40	13.40
	2	14.20	14.20	14.20	14.20
	3	14.10	14.10	14.10	14.10
1	1	14.40	14.40	14.40	14.70
	2	14.20	14.40	14.20	14.50
	3	14.30	14.50	14.30	14.60
2	1	14.00	14.60	14.30	14.60
	2	14.10	14.70	14.40	14.60
	3	14.00	14.70	14.30	14.70
3	1	15.90	16.40	16.60	17.30
	2	16.60	16.60	16.50	16.80
	3	16.60	16.70	16.50	16.80
4	1	14.60	14.20	14.30	14.50
	2	14.30	14.60	14.40	14.80
	3	14.20	14.60	14.50	14.70
5	1	14.10	14.60	14.30	14.50
	2	14.30	14.30	14.10	14.50
	3	14.30	14.20	14.10	14.40
6	1	16.70	16.70	16.60	16.80
	2	16.70	17.00	16.60	16.80
	3	16.90	16.70	16.50	16.70
7	1	16.70	16.90	16.70	17.20
	2	16.90	16.40	16.80	17.20
	3	16.60	16.80	16.70	17.30
8	1	14.30	14.60	14.50	14.60
	2	14.30	14.70	14.40	14.60
	3	14.40	14.40	14.40	14.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าปริมาตร FAS ที่ใช้ในการไทเทรต ของ COD ของถังบำบัดทั้ง 4 ถัง

สัปดาห์ที่	ซ้ำที่	ปริมาตร FAS ที่ใช้ในการไทเทรต ถังที่1	ปริมาตร FAS ที่ใช้ในการไทเทรต ถังที่2	ปริมาตร FAS ที่ใช้ในการไทเทรต ถังที่3	ปริมาตร FAS ที่ใช้ในการไทเทรต ถังที่4
0	1	3.20	3.20	3.20	3.20
	2	3.10	3.10	3.10	3.10
	3	3.10	3.10	3.10	3.10
1	1	3.20	3.00	3.20	3.20
	2	3.20	2.90	3.10	3.30
	3	3.20	2.90	3.10	3.20
2	1	3.20	3.20	3.60	3.00
	2	3.20	3.20	3.60	3.10
	3	3.20	3.20	3.60	3.00
3	1	3.10	3.30	3.50	3.20
	2	3.20	3.10	3.50	3.20
	3	2.90	3.20	3.60	3.30
4	1	2.60	2.10	2.00	2.40
	2	2.00	2.20	2.30	1.70
	3	2.20	1.50	2.50	1.80
5	1	2.50	2.10	2.50	1.70
	2	2.00	2.20	2.10	1.80
	3	1.90	2.00	2.20	1.90
6	1	2.20	2.10	2.20	2.20
	2	2.10	2.10	2.30	2.40
	3	2.20	2.40	1.80	1.60
7	1	2.10	1.40	1.90	1.60
	2	2.20	1.90	2.20	2.10
	3	1.80	2.20	2.10	2.00
8	1	1.50	2.30	2.40	2.20
	2	2.10	2.10	2.00	2.20
	3	2.40	2.20	2.40	2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า DO ของ BOD ของ ถังบำบัด ทั้ง 4 ถัง

สัปดาห์ที่	Sample size	ถังที่ 1		ถังที่ 2		ถังที่ 3		ถังที่ 4	
		DO_0	DO5 เฉลี่ย	DO_0	DO_5 เฉลี่ย	DO_0	DO_5 เฉลี่ย	DO_0	DO_5 เฉลี่ย
0	1.0	9.49	8.60	9.49	8.60	9.49	8.60	9.49	8.60
	2.0	9.46	8.05	9.46	8.05	9.46	8.05	9.46	8.05
	5.0	9.43	6.84	9.43	6.84	9.43	6.84	9.43	6.84
1	10.0	9.99	8.85	10.11	8.42	10.07	8.33	10.11	8.26
	20.0	10.12	8.06	10.02	7.97	10.09	8.01	9.98	7.88
2	10.0	10.30	8.44	10.00	8.22	9.94	7.94	10.53	8.71
	20.0	9.98	8.17	9.96	7.71	9.79	7.68	9.96	7.71
3	10.0	10.59	8.70	10.56	8.47	10.57	8.77	10.50	8.05
	20.0	9.98	8.17	10.48	7.76	10.49	8.49	10.46	7.23
4	10.0	9.16	8.75	9.12	8.35	9.11	8.33	9.10	8.01
	20.0	9.11	8.30	9.05	7.93	9.05	8.24	9.05	7.53
	50.0	8.99	7.88	8.82	6.71	8.90	7.85	8.74	5.91
5	50.0	8.20	7.48	7.33	6.60	8.26	7.60	7.51	4.41
	70.0	7.88	7.30	6.78	2.91	8.02	7.27	6.91	2.63
	100.0	7.45	6.52	5.70	0.13	7.63	6.56	5.97	0.03
6	200.0	6.31	3.59	7.57	5.95	7.30	6.17	6.73	2.18
	300.0	10.18	5.11	6.92	4.56	10.16	7.81	5.75	0.02
7	200.0	6.05	4.75	7.42	5.39	6.92	6.19	7.83	5.24
	300.0	9.96	7.44	6.67	3.81	9.55	7.56	7.51	3.67
8	100.0	7.36	4.99	7.36	4.99	7.08	6.16	8.78	6.64
	200.0	4.85	1.12	4.85	1.12	10.46	7.55	8.38	5.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าน้ำหนักกระดาษกรองใยแก้วก่อน-หลังอบของ SS ของถังบำบัดทั้ง 4 ถัง

สัปดาห์ที่	ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (ml)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาษกรองก่อน-หลัง (g) ถังที่ 1	น้ำหนักกระดาษกรองก่อน-หลัง (g) ถังที่ 2	น้ำหนักกระดาษกรองก่อน-หลัง (g) ถังที่ 3	น้ำหนักกระดาษกรองก่อน-หลัง (g) ถังที่ 4
0	50	1	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016
	50	2	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083
1	100	1	0.0129	0.0038	0.0065	0.0297
	100	2	0.0063	0.0009	0.0018	0.0020
2	100	1	0.0035	0.0049	0.0047	0.0005
	100	2	0.0012	0.0053	0.0035	0.0203
3	100	1	0.0019	0.0026	0.0068	0.0065
	100	2	0.0077	0.0045	0.0092	0.0072
4	100	1	0.0011	0.0034	0.0055	0.0059
	100	2	0.0023	0.0055	0.0062	0.0068
5	100	1	0.0007	0.0003	0.0031	0.0022
	100	2	0.0037	0.0032	0.0014	0.0016
6	100	1	0.0002	0.0045	0.0007	0.0022
	100	2	0.0010	0.0005	0.0010	0.0006
7	100	1	0.0026	0.0029	0.0020	0.0011
	100	2	0.0016	0.0026	0.0029	0.0029
8	100	1	0.0018	0.0045	0.0015	0.0010
	100	2	0.0139	0.0037	0.0074	0.0007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าน้ำหนักชามระเหยก่อน-หลังอบของTDS ของถังบำบัดทั้ง 4 ถัง

สัปดาห์ที่	ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (ml)	ครั้งที่	น้ำหนักชามระเหยก่อน-หลัง (g) ถังที่ 1	น้ำหนักชามระเหยก่อน-หลัง (g) ถังที่ 2	น้ำหนักชามระเหยก่อน-หลัง (g) ถังที่ 3	น้ำหนักชามระเหยก่อน-หลัง (g) ถังที่ 4
0	50.0	1	0.0792	0.0792	0.0792	0.0792
	50.0	2	0.0882	0.0882	0.0882	0.0882
1	50.0	1	0.0841	0.0700	0.0753	0.0695
	50.0	2	0.0745	0.0677	0.0700	0.0704
2	50.0	1	0.0609	0.0688	0.0709	0.0678
	50.0	2	0.0692	0.0671	0.0687	0.0751
3	50.0	1	0.0706	0.0756	0.0706	0.0729
	50.0	2	0.0751	0.0764	0.0749	0.0788
4	50.0	1	0.0691	0.0742	0.0722	0.0733
	50.0	2	0.0759	0.0788	0.0738	0.0755
5	50.0	1	0.0748	0.0741	0.0743	0.0758
	50.0	2	0.0729	0.0763	0.0747	0.0739
6	50.0	1	0.0780	0.0761	0.0789	0.0766
	50.0	2	0.0750	0.0752	0.0764	0.0782
7	50.0	1	0.0633	0.0753	0.0705	0.0805
	50.0	2	0.0567	0.0772	0.0724	0.0716
8	50.0	1	0.0010	0.0784	0.0725	0.0647
	50.0	2	0.0747	0.0708	0.0727	0.0749

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าน้ำหนักชามระเหยก่อน-หลังอบของOil and Grese ของถังบำบัดทั้ง 4 ถัง

สัปดาห์ที่	ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (ml)	น้ำหนักชามระเหยก่อน-หลัง (g) ถังที่ 1	น้ำหนักชามระเหยก่อน-หลัง (g) ถังที่ 2	น้ำหนักชามระเหยก่อน-หลัง (g) ถังที่ 3	น้ำหนักชามระเหยก่อน-หลัง (g) ถังที่ 4
0	200	0.0387	0.0387	0.0387	0.0387
1	200	0.0037	0.0036	0.0022	0.004
2	200	0.0037	0.0036	0.0022	0.004
3	200	0.0043	0.0248	0.0029	0.02042
4	200	0.0381	0.052	0.0015	0.0015
5	200	0.0044	0.0021	0.0011	0.0025
6	200	0.001	0.0007	0.0007	0.0009
7	200	0.0022	0.0016	0.0016	0.0018
8	200	0.0004	0.0011	0.0005	0.0009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า TOC-TN ของถังบำบัดทั้ง 4 ถัง

ค่า TOC-TN ของถังบำบัดที่1

สัปดาห์ที่	Dilution	TOC	TOC (เฉลี่ย)	TC	TC (เฉลี่ย)	IC	IC (เฉลี่ย)	TN	TN (เฉลี่ย)
0	10	3.520	3.520	10.500	10.500	6.978	6.978	6.651	6.651
		-		-		-		-	
1	10	-0.404	-0.404	11.020	11.020	11.420	11.420	2.510	2.510
		-		-		-		-	
2	10	-0.356	-0.356	10.880	10.880	11.230	11.230	2.100	2.100
		-		-		-		-	
3	10	-0.132	-0.132	10.390	10.390	10.520	10.520	1.745	1.745
		-		-		-		-	
4	5	0.913	-0.178	20.740	20.520	19.820	20.690	3.245	3.431
		-1.269		20.300		21.560		3.616	
5	1	-2.447	-2.447	108.500	108.500	111.000	111.000	16.290	16.290
		-		-		-		-	
6	1	2.288	-3.225	105.200	104.350	103.000	107.650	15.710	15.680
		-8.737		103.500		112.300		15.650	
7	1	-9.240	-11.210	80.180	81.900	89.420	93.115	8.2365	8.319
		-13.180		83.620		96.810		8.401	
8	1	-12.860	-11.165	81.060	81.615	93.920	92.780	7.5846	7.600
		-9.470		82.170		91.640		7.6163	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า TOC-TN ของถังบำบัดที่2

สัปดาห์ที่	Dilution	TOC	TOC (เฉลี่ย)	TC	TC (เฉลี่ย)	IC	IC (เฉลี่ย)	TN	TN (เฉลี่ย)
0	10	3.520	3.520	10.500	10.500	6.978	6.978	6.651	6.651
		-		-		-		-	
1	10	0.2153	0.215	10.82	10.820	10.61	10.610	2.353	2.353
		-		-		-		-	
2	10	0.0089	0.009	11.09	11.090	11.08	11.080	2.189	2.189
		-		-		-		-	
3	10	-0.0702	-0.070	10.78	10.780	10.85	10.850	1.546	1.546
		-		-		-		-	
4	5	-1.275	-1.230	20.47	20.725	21.75	21.960	3.062	3.128
		-1.185		20.98		22.17		3.194	
5	1	-9.946	-10.198	115.6	115.600	125.6	125.850	17.39	17.290
		-10.45		115.6		126.1		17.19	
6	1	-10.78	-10.995	111	110.250	121.8	121.250	17.43	17.090
		-11.21		109.5		120.7		16.75	
7	1	-12.1	-11.840	81.4	85.045	93.49	96.895	9.0529	9.395
		-11.58		88.69		100.3		9.7364	
8	1	-7.428	-10.569	82.42	81.255	89.85	91.820	7.6922	7.642
		-13.71		80.09		93.79		7.5909	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า TOC-TN ของถังบำบัดที่3

สัปดาห์ที่	Dilution	TOC	TOC (เฉลี่ย)	TC	TC (เฉลี่ย)	IC	IC (เฉลี่ย)	TN	TN (เฉลี่ย)
0	10	3.520	3.520	10.500	10.500	6.978	6.978	6.651	6.651
		-		-		-		-	
1	10	-0.06672	-0.067	10.99	10.990	11.05	11.050	2.134	2.134
		-		-		-		-	
2	10	-0.6787	-0.679	10.5	10.500	11.18	11.180	2.008	2.008
		-		-		-		-	
3	10	-0.3757	-0.376	10.04	10.040	10.42	10.420	1.691	1.691
		-		-		-		-	
4	5	-1.675	-1.592	18.99	19.040	20.66	20.630	3.255	3.201
		-1.509		19.09		20.6		3.146	
5	1	-9.418	-9.069	103.8	103.650	113.2	112.750	16.46	16.470
		-8.719		103.5		112.3		16.48	
6	1	-10.79	-11.010	100	99.970	110.8	111.000	15.17	14.995
		-11.23		99.94		111.2		14.82	
7	1	-10.57	-10.201	80.39	77.835	90.96	88.040	8.2744	8.113
		-9.832		75.28		85.12		7.9517	
8	1	-11.01	-10.765	75.14	74.540	86.15	85.305	6.7872	8.369
		-10.52		73.94		84.46		9.9517	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า TOC-TN ของถังบำบัดที่ 4

สัปดาห์ที่	Dilution	TOC	TOC (เฉลี่ย)	TC	TC (เฉลี่ย)	IC	IC (เฉลี่ย)	TN	TN (เฉลี่ย)
0	10	3.520	3.520	10.500	10.500	6.978	6.978	6.651	6.651
		-		-		-		-	
1	10	0.4647	0.465	12.28	12.280	11.81	11.810	2.499	2.499
		-		-		-		-	
2	10	-0.2012	-0.201	11.02	11.020	11.22	11.220	2.026	2.026
		-		-		-		-	
3	10	0.5664	0.566	11.24	11.240	10.67	10.670	1.536	1.536
		-		-		-		-	
4	5	-0.947	-1.254	22.89	23.095	23.84	24.350	3.494	3.602
		-1.56		23.3		24.86		3.71	
5	1	88.4	101.300	210.9	224.750	122.5	123.500	18.85	19.140
		114.2		238.6		124.5		19.43	
6	1	-6.856	-10.568	120.4	120.800	127.2	131.300	17.84	17.850
		-14.28		121.2		135.4		17.86	
7	1	-14.32	-11.032	91.82	92.870	106.1	103.900	10.0528	10.262
		-7.744		93.92		101.7		10.4705	
8	1	-4.452	-5.218	83.5	82.225	87.95	92.445	8.382	8.145
		-5.984		80.95		96.94		7.9074	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการทดลองของพารามิเตอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.วิธีการทดลอง COD

ล้างหลอดย่อยและฝาด้วย H_2SO_4 20 % ก่อนใช้งาน (ป้องกันการปนเปื้อน)

↓

หลอดที่1 -2	Blank น้ำกลั่น 2.5 ml
หลอดที่3-4	KHP (เข้มข้น 500 mg/L เจือจาง 2 เท่า) 2.5 ml
หลอดที่5-6	KHP (เข้มข้น 5000 mg/L เจือจาง 2 เท่า) 0.05 ml + น้ำเสีย 1 2.5 ml
หลอดที่7-8	KHP (เข้มข้น 5000 mg/L เจือจาง 2 เท่า) 0.05 ml + น้ำเสีย 2 2.5 ml
หลอดที่9-10	KHP (เข้มข้น 5000 mg/L เจือจาง 2 เท่า) 0.05 ml + น้ำเสีย 3 2.5 ml
หลอดที่11-12	KHP (เข้มข้น 5000 mg/L เจือจาง 2 เท่า) 0.05 ml + น้ำเสีย 4 2.5 ml
หลอดที่13-14	KHP (เข้มข้น 5000 mg/L เจือจาง 2 เท่า) 0.05 ml + น้ำกลั่น 2.5 ml
หลอดที่15-16	น้ำเสีย 1 2.5 ml
หลอดที่17-18	น้ำเสีย 2 2.5 ml
หลอดที่19-20	น้ำเสีย 3 2.5 ml

↓

เติม $K_2Cr_2O_7$ 0.1 N 1.5 ml+H_2SO_4 3.5 ml(ใส่กรดไหลลงข้างขวด) เขย่าให้เข้ากัน

↓

นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 °cเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่ อุณหภูมิห้อง

↓

เติมเฟอร์โรอินดิเคเตอร์ (เหลือง) 1-2 หยด นำไปไทเทรต ด้วย FAS
(end point เหลือง—น้ำตาลแดง)

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย FAS

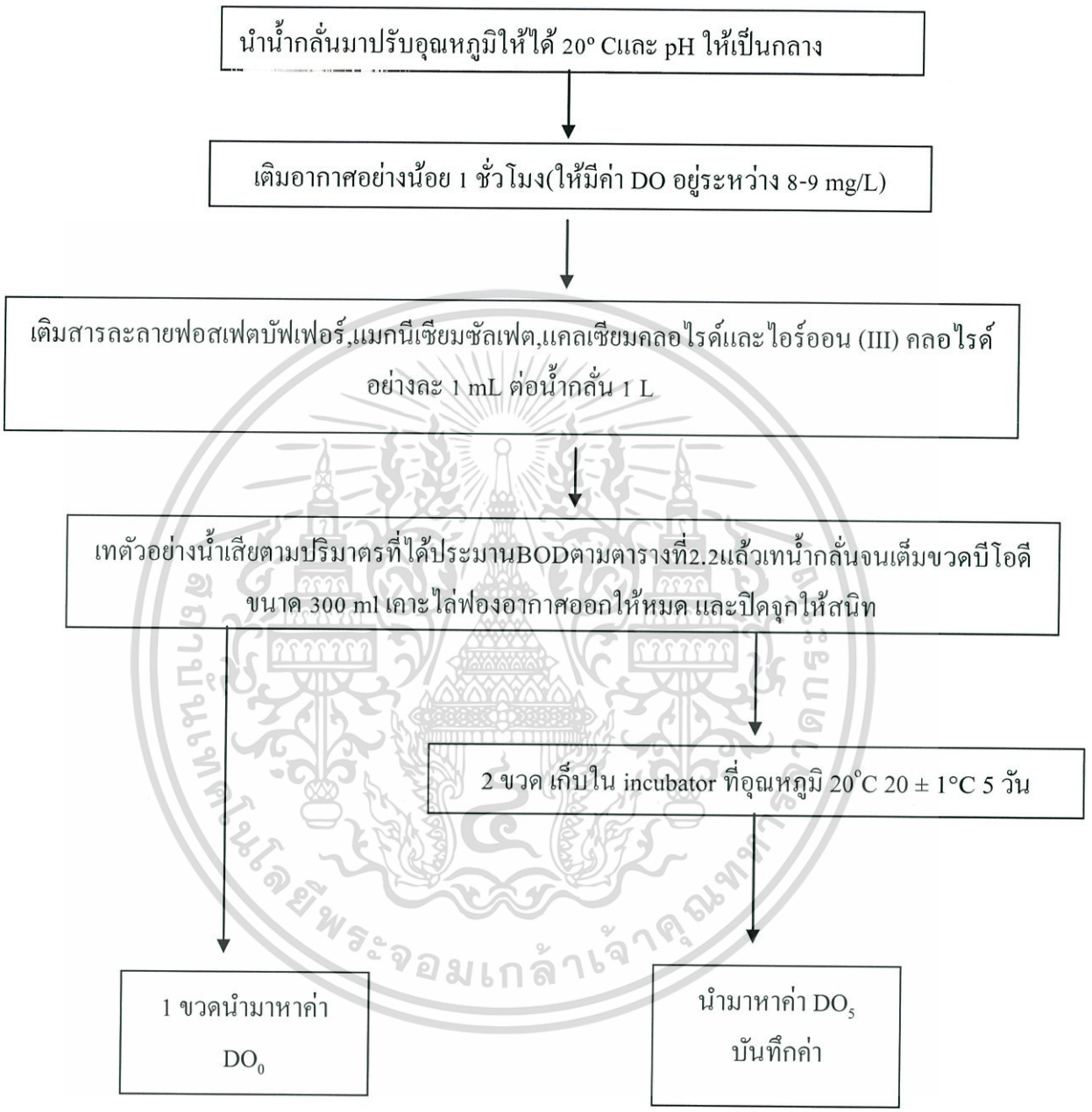
เติมน้ำกลั่น 2.5 ml + $K_2Cr_2O_7$ 0.1 N 1.5 ml + H_2SO_4 3.5 ml ทิ้งให้เย็น (ในhood)

↓

เติมเฟอร์โรอินดิเคเตอร์ (เหลือง) 1-2 หยด นำไปไทเทรต ด้วย FAS
(end point เหลือง—น้ำตาลแดง)

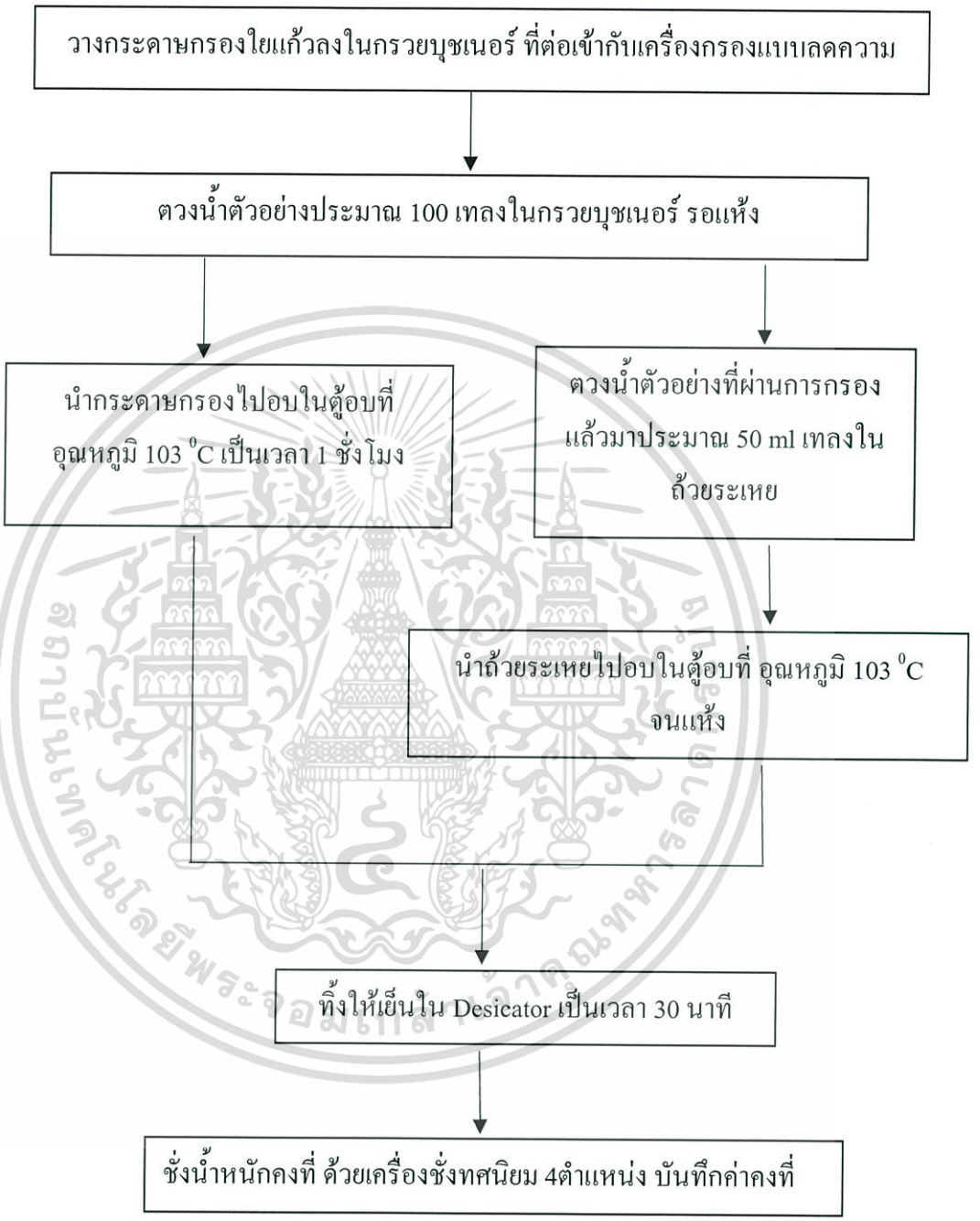
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.วิธีการทดลอง BOD



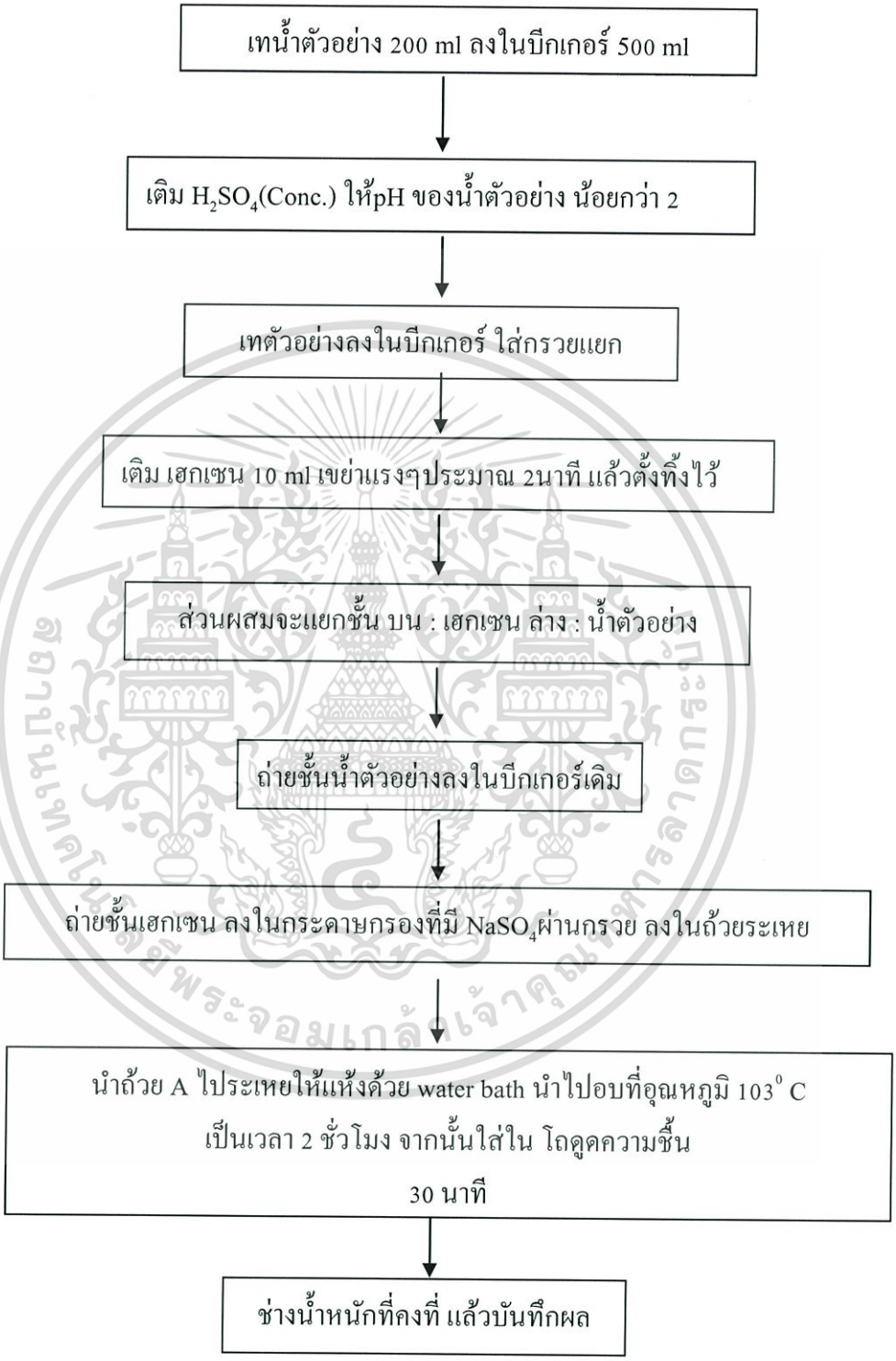
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.วิธีการทดลอง SS และ TDS



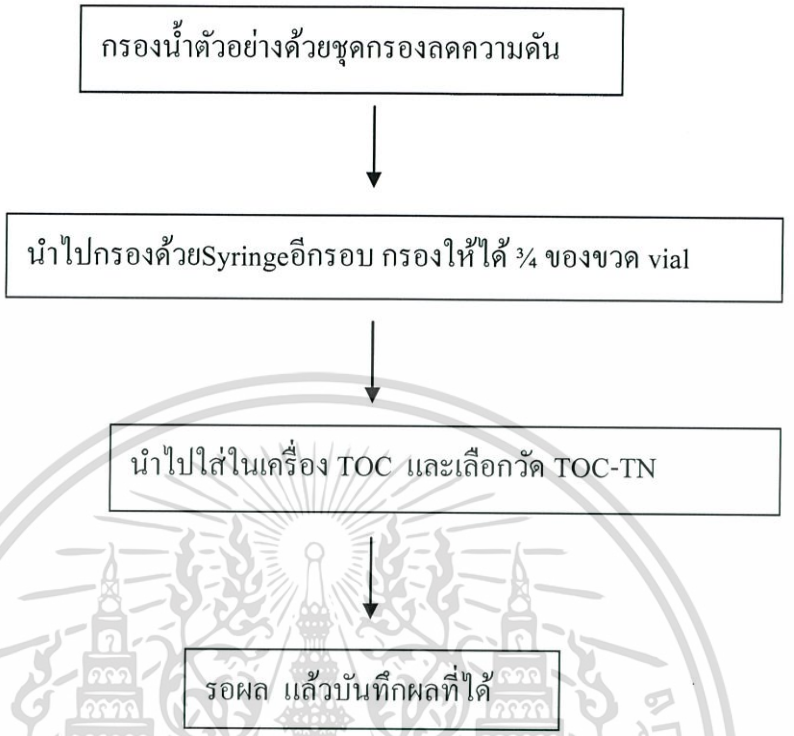
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.วิธีการทดลอง oil and grease



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วิธีการทดลอง TOC-TN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการทดลองทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PH

Between-Subjects Factors

		N
A	1	18
	2	18
B	1	18
	2	18
week	0	4
	1	4
	2	4
	3	4
	4	4
	5	4
	6	4
	7	4
	8	4

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2281.834[a]	12	190.153	5639.032	.000
week	5.984	8	.748	22.182	.000
A	.001	1	.001	.016	.900
B	1.181	1	1.181	35.018	.000
A * B	.015	1	.015	.451	.508
Error	.809	24	.034		
Total	2282.644	36			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = .999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Estimated Marginal Means

1. A * B

Dependent Variable: Y

A	B	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	8.106	.061	7.979	8.232
	2	7.784	.061	7.658	7.911
2	1	8.154	.061	8.028	8.281
	2	7.751	.061	7.625	7.877

2. A

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) A	(J) A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.008	.061	.900	-.134	.119
2	1	.008	.061	.900	-.119	.134

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. B

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) B	(J) B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.362*	.061	.000	.236	.489
2	1	-.362*	.061	.000	-.489	-.236

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Conduct

Between-Subjects Factors

		N
A	1	18
	2	18
B	1	18
	2	18
week	0	4
	1	4
	2	4
	3	4
	4	4
	5	4
	6	4
	7	4
	8	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	8289.477[a]	12	690.790	44633.738	.000
week	47.023	8	5.878	379.785	.000
A	.079	1	.079	5.126	.033
B	.429	1	.429	27.720	.000
A * B	.029	1	.029	1.904	.180
Error	.371	24	.015		
Total	8289.848	36			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

Estimated Marginal Means

1. A * B

Dependent Variable: Y

A	B	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	15.003	.041	14.918	15.089
	2	15.164	.041	15.079	15.250
2	1	15.040	.041	14.954	15.126
	2	15.316	.041	15.230	15.401

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. A

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) A	(J) A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.094*	.041	.033	-.179	-.008
2	1	.094*	.041	.033	.008	.179

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

3. B

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) B	(J) B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.218*	.041	.000	-.304	-.133
2	1	.218*	.041	.000	.133	.304

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COD

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
A	1	18
	2	18
B	1	18
	2	18
week	0	4
	1	4
	2	4
	3	4
	4	4
	5	4
	6	4
	7	4
	8	4

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	214793.041[a]	12	17899.420	64.000	.000
week	6170.781	8	771.348	2.758	.026
A	265.962	1	265.962	.951	.339
B	2460.325	1	2460.325	8.797	.007
A * B	824.360	1	824.360	2.948	.099
Error	6712.274	24	279.678		
Total	221505.316	36			

a. R Squared = .970 (Adjusted R Squared = .955)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Estimated Marginal Mean

1. A * B

Dependent Variable: Y

A	B	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	74.711	5.575	63.206	86.216
	2	81.674	5.575	70.169	93.180
2	1	59.704	5.575	48.199	71.210
	2	85.809	5.575	74.304	97.314

2. A

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) A	(J) A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	5.436	5.575	.339	-6.069	16.941
2	1	-5.436	5.575	.339	-16.941	6.069

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. B

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) B	(J) B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-16.534*	5.575	.007	-28.039	-5.029
2	1	16.534*	5.575	.007	5.029	28.039

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

B OD

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
A	1	18
	2	18
B	1	18
	2	18
week	0	4
	1	4
	2	4
	3	4
	4	4
	5	4
	6	4
	7	4
	8	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	113798.182[a]	12	9483.182	382.846	.000
week	71539.161	8	8942.395	361.014	.000
A	78.677	1	78.677	3.176	.087
B	724.328	1	724.328	29.242	.000
A * B	79.032	1	79.032	3.191	.087
Error	594.485	24	24.770		
Total	114392.667	36			

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .992)

Estimated Marginal Means

1. A * B

Dependent Variable: Y

A	B	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	29.420	1.659	25.996	32.844
	2	35.428	1.659	32.004	38.852
2	1	29.413	1.659	25.989	32.837
	2	41.348	1.659	37.924	44.772

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. A

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) A	(J) A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-2.957	1.659	.087	-6.381	.467
2	1	2.957	1.659	.087	-.467	6.381

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

3. B

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) B	(J) B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-8.971*	1.659	.000	-12.395	-5.547
2	1	8.971*	1.659	.000	5.547	12.395

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SS

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
A	1	18
	2	18
B	1	18
	2	18
Week	0	4
	1	4
	2	4
	3	4
	4	4
	5	4
	6	4
	7	4
	8	4

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	.116[a]	12	.010	14.744	.000
week	.027	8	.003	5.144	.001
A	.001	1	.001	1.308	.264
B	.000	1	.000	.530	.474
A * B	.001	1	.001	1.054	.315
Error	.016	24	.001		
Total	.132	36			

a. R Squared = .881 (Adjusted R Squared = .821)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Estimated Marginal Means

1. A * B

Dependent Variable: Y

A	B	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	.046	.009	.028	.063
	2	.043	.009	.025	.061
2	1	.047	.009	.029	.064
	2	.062	.009	.044	.079

2. A

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) A	(J) A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.010	.009	.264	-.027	.008
2	1	.010	.009	.264	-.008	.027

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. B

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) B	(J) B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.006	.009	.474	-.024	.011
2	1	.006	.009	.474	-.011	.024

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

TDS

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
A	1	18
	2	18
B	1	18
	2	18
Week	0	4
	1	4
	2	4
	3	4
	4	4
	5	4
	6	4
	7	4
	8	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	77.583[a]	12	6.465	390.626	.000
Week	.380	8	.048	2.872	.022
A	.020	1	.020	1.181	.288
B	.034	1	.034	2.042	.166
A * B	.029	1	.029	1.750	.198
Error	.397	24	.017		
Total	77.980	36			

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .992)

Estimated Marginal Means

1. A * B

Dependent Variable: Y

A	B	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	1.381	.043	1.293	1.470
	2	1.499	.043	1.411	1.588
2	1	1.485	.043	1.396	1.573
	2	1.489	.043	1.401	1.578

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. A

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) A	(J) A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.047	.043	.288	-.135	.042
2	1	.047	.043	.288	-.042	.135

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

3. B

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) B	(J) B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.061	.043	.166	-.150	.027
2	1	.061	.043	.166	-.027	.150

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OIL

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
A	1	18
	2	18
B	1	18
	2	18
Week	0	4
	1	4
	2	4
	3	4
	4	4
	5	4
	6	4
	7	4
	8	4

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	233375.589[a]	12	19447.966	9.245	.000
Week	139007.455	8	17375.932	8.260	.000
A	6748.623	1	6748.623	3.208	.086
B	2102.223	1	2102.223	.999	.327
A * B	48.767	1	48.767	.023	.880
Error	50484.821	24	2103.534		
Total	283860.410	36			

a. R Squared = .822 (Adjusted R Squared = .733)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Estimated Marginal Means

1. A * B

Dependent Variable: Y

A	B	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	53.611	15.288	22.058	85.164
	2	71.222	15.288	39.669	102.775
2	1	28.556	15.288	-2.998	60.109
	2	41.511	15.288	9.958	73.064

2. A

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) A	(J) A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	27.383	15.288	.086	-4.170	58.936
2	1	-27.383	15.288	.086	-58.936	4.170

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. B

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) B	(J) B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-15.283	15.288	.327	-46.836	16.270
2	1	15.283	15.288	.327	-16.270	46.836

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

TN

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
A	1	18
	2	18
B	1	18
	2	18
week	0	4
	1	4
	2	4
	3	4
	4	4
	5	4
	6	4
	7	4
	8	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	26716.887[a]	12	2226.407	2227.957	.000
week	9858.313	8	1232.289	1233.147	.000
A	.001	1	.001	.001	.969
B	3.411	1	3.411	3.414	.077
A * B	4.266	1	4.266	4.269	.050
Error	23.983	24	.999		
Total	26740.870	36			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

Estimated Marginal Means

1. A * B

Dependent Variable: Y

A	B	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	21.678	.333	20.990	22.366
	2	21.605	.333	20.917	22.293
2	1	20.977	.333	20.289	21.664
	2	22.281	.333	21.593	22.969

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. A

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) A	(J) A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.013	.333	.969	-.675	.701
2	1	-.013	.333	.969	-.701	.675

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

3. B

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

(I) B	(J) B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.616	.333	.077	-1.303	.072
2	1	.616	.333	.077	-.072	1.303

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้