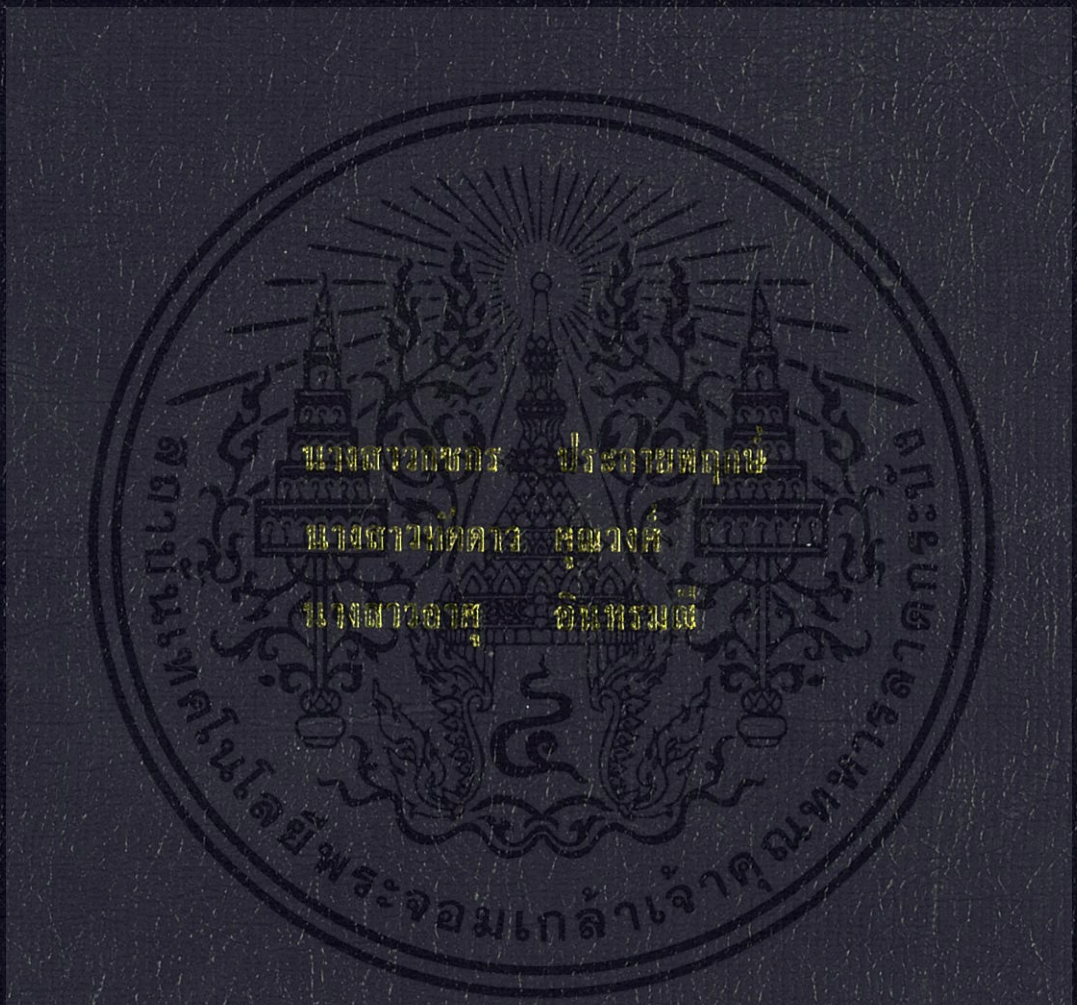
การบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขัง โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร

TREATMENT OF WASTEWATER DURING FLOODING WITH MICROORGANISMS FROM FOOD



นางสาวกชกร ประกายพฤกษ์

นางสาวนิตยา ศุภางค์

นางสาวอาทุ ดิษกรมณี

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เทคนิคอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

การบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขัง โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร

TREATMENT OF WASTEWATER DURING FLOODING WITH MICROORGANISMS FROM FOOD

นางสาวกชกร ประกายพฤกษ์

นางสาวทัดดาว คุณวงศ์

นางสาวอาศุ อินทรมณี

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TREATMENT OF WASTEWATER DURING FLOODING WITH MICROORGANISMS FROM FOOD

MISS KOTCHAKORN PRAKAIPRUKE
MISS TADDOW KHUNWONG
MISS ARSU INTARAMANEE

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 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขัง โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร

Treatment of Wastewater during Flooding with Microorganisms from Food

ชื่อนักศึกษา นางสาวกชกร ประกายพฤกษ์

นางสาวทัดดาว คุณวงศ์

นางสาวอาศุ อินทรมณี

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขังโดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกชกร ประกายพฤกษ์
	นางสาวทัดดาว คุณวงศ์
	นางสาวอาศุ อินทรมณี
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขังโดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์แทนน้ำเสียจากน้ำท่วมขัง แบ่งชุดทดลองออกเป็น 3 ชุด คือ 1) ชุดควบคุม ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ 2) เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1% ลงในน้ำเสียตัวอย่าง 3) เติมจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ของกทม. 1% ลงในน้ำเสียตัวอย่าง จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำเสียมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ วันละ 2 ครั้งเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 2 วันต่อครั้ง เป็นเวลา 13 วัน ผลการทดลองพบว่า ชุด 1 ชุดควบคุม ชุด 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหารและชุด 3 เติม EM ของกทม. มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 95.74%, 95.72%, 95.61% ตามลำดับ ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการบำบัดเพิ่มขึ้น จากผลการศึกษาพบว่าจุลินทรีย์จากอาหารและ EM ของกทม. ไม่ได้เพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขัง

คำสำคัญ : น้ำเสีย, น้ำท่วมขัง, จุลินทรีย์จากอาหาร, จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Treatment of Wastewater during Flooding with Microorganisms from Food
Students	Miss Kotchakorn Prakaipruke
	Miss Taddow Khunwong
	Miss Arsu Intaramanee
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Environmental Chemistry
Academic Year	2012
Advisor	Asst. Prof. Dr. Suwannee Junyapoon

ABSTRACT

This special project studied a treatment of wastewater during flooding with microorganisms from food. Synthetic wastewater was used as wastewater during flooding. The experiment was divided into 3 treatments: 1) control 2) treat with 1% of microorganisms from food 3) treat with 1% of EM from Bangkok Metropolitan Administration (BMA). After adding microorganism, the wastewater sample was collected twice each day for a week, then every two days for 13 days to analyse pH, DO and sCOD. The experimental results showed that sCOD's removal efficiencies were 95.74% for the control, 95.72% for the treatment of microorganisms from food and 95.61% for the treatment of EM from BMA. DO values tended to decrease while pH values tended to increase with increasing treatment times. It was found that microorganisms from food and EM from BMA were not effective on wastewater treatment during flooding.

Keywords: wastewater, flooding, microorganisms from food, Effective Microorganisms (EM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำอย่างใกล้ชิด เสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหา และตรวจสอบความถูกต้องเพื่อให้ผลงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย และอาจารย์ กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรรมการสอบโครงงานพิเศษที่ช่วยให้คำแนะนำ ชี้แนะข้อบกพร่องสิ่งที่ควรแก้ไข รวมทั้งตรวจสอบผลงานอย่างละเอียดซึ่งทำให้ผลงานมีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้การช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก ในการทำโครงงานพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้การช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวก ในการทำโครงงานพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร. ปราโมทย์ ศิริโรจน์ อาจารย์พิเศษ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์สูตรการเตรียมเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ที่คอยเป็นกำลังใจและเป็นแรงผลักดันในการสร้างแรงบันดาลใจในการดำเนินโครงงานพิเศษนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงบุคคลอื่นๆที่ให้ความช่วยเหลือ ที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้

นางสาวกชกร ประกายพฤกษ์
นางสาวทัดดาว คุณวงศ์
นางสาวอาศุ อินทรมณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	XI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 น้ำเสียชุมชน	3
2.1.1 ความหมายน้ำเสียชุมชน	3
2.1.2 แหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน	3
2.1.3 ลักษณะของน้ำเสียชุมชน	5
2.1.4 ประเภทของน้ำเสีย	11
2.1.5 ผลกระทบของน้ำเสีย	11
2.2 จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ	13
2.2.1 ความหมายจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ	13
2.2.2 ลักษณะของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ	13
2.2.3 ประโยชน์ของจุลินทรีย์โดยทั่วไป	14
2.3 จุลินทรีย์จากอาหาร	15
2.3.1 แหนม	15
2.3.2 ไตปลา	16
2.3.3 กล้วย	16
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ 19

3.2 การเตรียมตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ 20

3.3 การเตรียมจุลินทรีย์ 21

3.3.1 จุลินทรีย์จากอาหาร 21

3.3.2 EM กทม. 21

3.4 ขั้นตอนการทดลอง 22

3.4.1 การศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย 22

3.4.2 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย 24

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ 26

4.1.1 ผลการศึกษาประเภทของเชื้อจุลินทรีย์จากอาหารและ EM กทม. 26

4.1.2 ผลการศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากอาหารและ EM กทม. โดยวิธี Total Plate Count 27

4.2 ผลการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย 27

4.2.1 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า DO ในน้ำเสีย 27

4.2.2 ผลการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำเสีย 29

4.2.3 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในน้ำเสีย 29

4.2.4 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นในน้ำเสีย 30

4.2.5 ผลการเปลี่ยนแปลงสีในน้ำเสีย 30

4.2.6 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ในน้ำเสีย 31

4.2.7 ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำเสีย 32

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 33

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) 33

4.3.2 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) 34

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) 35

4.3.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4.3.5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มสี 37

4.3.6 การเปลี่ยนแปลงค่า sCOD 39

บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 43

5.2 ข้อเสนอแนะ 43

เอกสารอ้างอิง 44

ภาคผนวก ก 47

ภาคผนวก ข 75

ภาคผนวก ค 94

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณน้ำเสียจากชุมชนของอาคารประเภทต่าง ๆ	4
2.2 ลักษณะน้ำเสียชุมชน	10
2.3 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	12
3.1 วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย	20
4.1 จำนวนแบคทีเรีย (โคโลนี) ที่ระดับการเจือจาง 1: 10^3	27
4.2 ลักษณะคุณสมบัติของน้ำเสียก่อนการบำบัด และหลังการบำบัด	42
ก -1 ปริมาตรตัวอย่างน้ำและสารเคมีสำหรับหลอดแก้วขนาดต่าง ๆ	49
ก -2 การเลือกเจือจางน้ำตัวอย่างให้เหมาะสมในการหาค่า BOD	53
ก -3 ความสัมพันธ์ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนกับปริมาณน้ำตัวอย่าง	60
ก -4 การวัดหาค่า %T ที่ความยาวคลื่นต่างๆ	66
ข-1 จำนวนแบคทีเรีย (โคโลนี) ที่ระดับการเจือจาง 1: 103	76
ข-2-1 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย	76
ข-2-2 อุณหภูมิของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย	77
ข-3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม ในการบำบัดน้ำเสีย	77
ข-4 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย	78
ข-5 ค่าความขุ่นของน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย	78
ข-6 ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ของน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม ในการบำบัดน้ำเสีย	80
ข-7 ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ของน้ำเสียในการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม ในการบำบัดน้ำเสีย	80
ข-8 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%	82
ข-9 อุณหภูมิในน้ำเสียในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%	83
ข-10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%	84
ข-11 ค่าการนำไฟฟ้าในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ข-12 ค่าความขุ่นในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย
โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 86
ข-13 ความเข้มสีในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย
โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 87
ข-14 ค่าซีโอดีละลายในน้ำในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย
โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 88
ข-15 ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำในการศึกษาประสิทธิภาพ
การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้ EM ที่เตรียมจากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 89
ข-16 ลักษณะของน้ำเสียก่อนบำบัด 90
ข-17 ลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัด 92
ค-1 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย 95
ค-2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่
เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย 95
ค-3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม
ในการบำบัดน้ำเสีย 96
ค-4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำ
ของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย 96
ค-5 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย 97
ค-6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในน้ำ
ของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย 97
ค-7 ค่าความขุ่นในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย 98
ค-8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่นในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม
ในการบำบัดน้ำเสีย 98
ค-9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่นในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม
ในการบำบัดน้ำเสีย ด้วยวิธี Duncan 99
ค-10 ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม
ในการบำบัดน้ำเสีย 99
ค-11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ในน้ำของการศึกษา
เชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ค-12 ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม
ในการบำบัดน้ำเสีย 100
ค-13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย
ของ EM กทม. 101
ค-14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำ
ของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียของเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร 101
ค-15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำของการศึกษา
เชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ของเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร ด้วยวิธี Duncan 102
ค-16 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย
โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 102
ค-17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาประสิทธิภาพ
การบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 104
ค-18 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์
จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 104
ค-19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของการศึกษาประสิทธิภาพ
การบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 106
ค-20 ค่าการนำไฟฟ้าของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย
โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 106
ค-21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้าของการศึกษาประสิทธิภาพ
การบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 108
ค-22 ค่าความขุ่นของของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย
โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 108
ค-23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่นของการศึกษาประสิทธิภาพ
การบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 110
ค-24 ค่าความเข้มสีของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย
โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 110
ค-25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเข้มสีของการศึกษาประสิทธิภาพ
การบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ค-26 ค่า sCOD ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 112

ค-27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า sCOD ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% 114

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ	6
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลองการหาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย	23
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย	25
รูปที่ 4.1 ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ใน EM ที่เตรียมจากอาหาร และ EM กทม.	26
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่า DO และอุณหภูมิที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน	28
รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน	29
รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน	29
รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่น ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน	30
รูปที่ 4.6 ลักษณะสีของตัวอย่างน้ำในวันที่ 0 (ก), 3 (ข) และ 7 (ค)	30
รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน	31
รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน	32
รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของค่า DO และอุณหภูมิที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน	33
รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน	34
รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน	35
รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน	36
รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงความเข้มสี ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน	37
รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงความเข้มสี	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงค่า sCOD ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน 39
รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด sCOD (%)
โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน 40
รูปที่ ก-1 กราฟมาตรฐานของตัวอย่างสีมาตรฐาน 68
รูปที่ ก-2 แสดงวิธีการทำงานของโปรแกรมคำนวณความเข้มสีในหน่วยเอดีเอ็มไอ 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆ นอกจากจะเป็นแหล่งอุปโภคและบริโภคแล้ว ยังมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจพื้นฐานของประเทศในด้านการเกษตร การประมง การคมนาคม ฯลฯ จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกก่อให้เกิดปัญหาภัยแล้ง และปัญหาน้ำท่วมในระดับกว้าง ในปีพ.ศ. 2554 ประเทศไทยได้ประสบกับมหาอุทกภัยครั้งใหญ่ ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากทั้งกับผู้คน ชุมชน ทรัพย์สิน เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมต่างๆ ซึ่งน้ำท่วมขังส่วนใหญ่จะปนเปื้อนสิ่งปฏิกูลต่างๆ จากการซักล้าง เศษอาหาร เศษขยะ ห้องสุขา ฯลฯ เมื่อน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานจะเกิดการเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็น ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ เช่น ขาดน้ำในการอุปโภคบริโภค เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงและเชื้อโรคต่างๆ ระบบนิเวศวิทยาถูกทำลาย เกิดสภาพไม่น่าดู ทำลายทัศนียภาพ เป็นต้น

จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms, EM) ได้เริ่มนำมาใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 โดยนำมาใช้ในการเพาะปลูกเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินให้ดี หลังจากนั้นจึงได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้แก่ การดับกลิ่นขยะชุมชน การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย การกำจัดของเสีย การทำความสะอาด และขจัดสิ่งปนเปื้อนในธรรมชาติ เช่น คราบน้ำมัน โดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม การนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ยังไม่มีการศึกษาอย่างแพร่หลายในปี พ.ศ. 2554 ได้มีการนำ EM มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียท่วมขังเป็นจำนวนมาก เพราะเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ราคาถูก และไม่ต้องใช้เทคโนโลยีทันสมัย แต่ยังมีข้อถกเถียงกันในหมู่นักวิชาการว่า EM มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้จริงหรือไม่ ดังนั้นการศึกษาหาแหล่งจุลินทรีย์ต่างๆ และประสิทธิภาพของ EM ในการบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขัง จึงได้รับความสนใจในการศึกษาเพิ่มมากขึ้น

โครงงานพิเศษนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้จุลินทรีย์จากอาหารในการบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขัง โดยเปรียบเทียบกับการใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective microorganisms, EM) ของกทม. ที่ได้จากการหมักขยะสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้จุลินทรีย์จากอาหารในการบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขัง

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขังของจุลินทรีย์จากอาหารและจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms, EM) ของกทม.

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์จากเศษอาหาร โดยใช้เศษอาหาร : น้ำจากสระธรรมชาติในสัดส่วน 1 : 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เพื่อใช้เป็นตัวแทนน้ำเสียจากน้ำท่วมขัง

2. เตรียมจุลินทรีย์จากอาหาร โดยใช้น้ำตาลทรายแดง แหนม กล้วยและไตปลา หมักในสภาพไร้อากาศ 3 วัน

3. วิเคราะห์พารามิเตอร์ของน้ำเสียสังเคราะห์ทั้งก่อนและหลังบำบัด ได้แก่ pH, EC, DO, sCOD, BOD, TN, FOG, TP, TSS, TDS, TS, อุณหภูมิ ความขุ่น สีและกลิ่น

4. ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1 % เปรียบเทียบกับ EM ของกทม. 1% และชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ โดยวิเคราะห์ค่า pH, EC, DO, sCOD, อุณหภูมิ ความขุ่นและสี เป็นระยะเวลา 20 วัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้จุลินทรีย์สำหรับบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขังที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. ลดค่าใช้จ่ายในการซื้อเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสียชุมชน

2.1.1 ความหมายน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนและกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่าง ๆ เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

2.1.2 แหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

2.1.2.1 บ้านพักอาศัย น้ำเสียจากบ้านพักอาศัยนั้น เกิดจากเศษอาหารจากการล้างจานและภาชนะหรือจากการปรุงอาหาร รวมถึงสารต่างๆ ที่เกิดจากการทำความสะอาดเสื้อผ้า สิ่งของต่างๆ ภายในบ้านและการอาบน้ำ บ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะมีอัตราการระบายน้ำเสียปริมาณ 150-216 ลิตร/คน/วัน หรือประมาณ 180 ลิตร/คน/วัน

2.1.2.2 ภัตตาคารมีน้ำเสียเกิดจากห้องครัวและห้องส้วม โดยเฉพาะค่าน้ำมันและไขมันจะมีปริมาณสูงในน้ำเสียจากห้องอาหารหรือภัตตาคาร เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดการอุดตันในท่อระบายน้ำเสีย

2.1.2.3 โรงแรมมีน้ำเสียจากห้องน้ำและห้องส้วมจากห้องพัก และห้องครัว หรือภัตตาคารภายในโรงแรม อาคารสำนักงาน มีน้ำเสียจากห้องน้ำ ห้องส้วม

2.1.2.4 กิจกรรมอื่นๆ เช่น สถานบริการ อาคารพาณิชย์ โรงเรียน อาคารชุด ตลาด สถานบริการจำหน่ายน้ำมัน เป็นต้น

ปริมาณน้ำเสียชุมชนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.1 ปริมาณน้ำเสียจากชุมชนของอาคารประเภทต่าง ๆ

ประเภทอาคาร	หน่วย	ปริมาณน้ำเสีย (ลิตร/หน่วย/วัน)
อาคารสำนักงาน	คน	70
โรงพยาบาล	เตียง	1000
โรงแรม	ห้อง	200
โรงเรียน	นักเรียน	150
โรงภาพยนตร์	คน	150
ภัตตาคาร	คน	50
หอพัก	คน	340
ศูนย์การค้า	คน	100
ห้องปฏิบัติการ	คน	50
สนามบิน	ผู้โดยสาร	15
โรงอาหาร	คน	60
บ้านพักอาศัย	คน	300
เรือนจำ	คน	450
สโมสร	คน	350
ร้านกาแฟ	คน	50
ร้านตัดผม	คน	220
หอประชุม	คน	10
สถานีบริการน้ำมัน	คน	40

ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2542ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ลักษณะของน้ำเสียชุมชน

ลักษณะของน้ำเสียชุมชน (ตารางที่ 2.2) จำแนกออกเป็น 3 ลักษณะ (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2542ข) คือ

2.1.3.1 ลักษณะทางกายภาพ

ประกอบด้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมด กลิ่น อุณหภูมิ สี และความขุ่น ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำเสียทางกายภาพได้

- ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids) ประกอบด้วยปริมาณของแข็งที่แขวนลอย (Total Suspended Solids, TSS) และปริมาณของแข็งละลาย (Total Dissolved Solids, TDS) ค่าปริมาณของแข็งจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสกปรกและความหนาแน่นของน้ำเสียได้ และยังสามารถบอกถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียต่างๆ ที่เลือกใช้ในการบำบัดได้

- กลิ่น (odor) ส่วนมากจะมาจากก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เช่น ก๊าซไข่เน่า เกิดจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน โดยทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ ในการกำจัดกลิ่นในน้ำเสียอาจใช้สารเคมีที่สามารถออกซิไดซ์สารที่ทำให้เกิดกลิ่นได้ เช่น คลอรีน หรือการใช้ผงถ่านกัมมันต์ (activated carbon)

- อุณหภูมิของน้ำ (temperatures) เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงมากขึ้นกว่าปกติ จะมีผลทำให้ปฏิกิริยาชีวเคมีของพวกจุลินทรีย์สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำถูกใช้เพิ่มมากขึ้น และทำให้การเจริญเติบโตของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำมีมากกว่าปกติ นอกจากนี้ยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง เนื่องจากค่าอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำจะลดลงเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

- สี (color) สีที่เกิดขึ้นในน้ำเสียนั้น มักถูกนำมาใช้บอกสภาวะของน้ำเสียว่า น้ำเสียในขณะนั้น ๆ เป็นอย่างไร ถ้าเป็นน้ำเสียชุมชน ได้แก่ น้ำเสียจากบ้านเรือน สำนักงาน สถานที่ประกอบธุรกิจการค้า เป็นต้น เมื่อน้ำเสียที่ถูกปล่อยมาจากแหล่งกำเนิดในระยะแรกจะมีสีเทาปนน้ำตาลอ่อนๆ และเมื่อทิ้งระยะเวลานานโดยไม่ได้ถูกนำไปบำบัด จะทำให้กลายเป็นสีเทาหรือเทาเข้ม และในที่สุดจะกลายเป็นสีดำและเมื่อน้ำเสียกลายเป็นสีดำมักกล่าวว่าเกิดการเน่า น้ำเสียจากกิจการอุตสาหกรรมบางชนิดอาจมีสีต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ารวมกับน้ำเสียจากชุมชน ส่วนใหญ่จะมีสีเทา สีเทาเข้มหรือสีดำ อันเนื่องมาจากการเกิดพวกซัลไฟด์ของโลหะขึ้นภายใต้สภาวะขาดออกซิเจน (รูปที่ 2.1)

สีของน้ำเสียเป็นปัญหาเนื่องจากโรงงานหลายแห่ง เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานสีย้อมและอื่นๆ ปล่อยน้ำเสียออกมา หรือสีเขียวซึ่งเกิดจากการเกิดสาหร่ายมากๆ ในแหล่งน้ำ ทำให้เกิดผลเสีย คือ จะเป็นตัวกั้นขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีสีไม่น่าดู เนื่องจากสามารถมองเห็นสีของน้ำเสียได้ด้วยตาเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) น้ำเสียที่ถูกปล่อยมาจากแหล่งกำเนิด

(ข) น้ำเสียที่เกิดการย่อยสลายจนเป็นสีดำ

รูปที่ 2.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ (Nationchannel, 2554)

- ความขุ่น (Turbidity) เกิดจากการมีสารแขวนลอยที่ลอยอยู่ในน้ำ จะกั้นหรือขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำได้

2.1.3.2 ลักษณะทางเคมี

น้ำเสียที่มาจากบ้านเรือนประกอบด้วยสารอินทรีย์ 50% และสารอนินทรีย์ 50%

- สารอินทรีย์ (Organic Matters) หมายถึงสารที่มีลักษณะที่ทำให้ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ลดลงหรือหมดไป เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจน โดยจุลินทรีย์ในน้ำที่ต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจและดำรงชีพสารอินทรีย์โดยทั่วไปประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน กลุ่มของสารอินทรีย์ที่พบมากในน้ำเสียคือโปรตีน (40 – 60 %) คาร์โบไฮเดรต (25 – 50 %) และน้ำมันและไขมัน (10 %)

การตรวจวิเคราะห์สารอินทรีย์ในน้ำเสียสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวิเคราะห์ค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), ThOD (Theoretical Oxygen Demand), TOC (Total Organic Carbon) แต่วิธีที่นิยมใช้คือ การวิเคราะห์ค่า BOD และ COD

- สารอนินทรีย์ (Inorganic Matters) เป็นสารที่มีอยู่ในน้ำเสียทั่วไป ซึ่งจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งที่มาของน้ำเสียนั้นๆ โดยทั่วไปสารอนินทรีย์ในน้ำเสียประกอบด้วยกรวด ทราย สารแขวนลอย และสารละลายที่อยู่ในน้ำเสีย การตรวจวัดปริมาณสารอนินทรีย์ ที่มีอยู่ในน้ำเสียมีหลายวิธี เช่น ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ค่าความเป็นด่าง คลอไรด์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โลหะหนัก ก๊าซ เป็นต้น

1) ค่า pH เป็นค่าที่สำคัญค่าหนึ่งที่สามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำว่าจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือไม่ ค่า pH จะแสดงถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำนั้น ซึ่งค่า pH จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) และไฮดรอกซีอิออน (OH^-) และเกี่ยวพันกับการแตกตัวของน้ำ ดังสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^- \quad (2.1)$$

สามารถนำมาเขียนสมการของ Mass action law ได้ดังสมการที่ 2.2

$$[H^+][OH^-]/[H_2O] = K \quad (2.2)$$

ค่า K = ionization constant หรือ ion product ของน้ำ จะมีค่าเท่ากับ 1×10^{-14} ที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}C$

ดังนั้นค่า pH คือค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนโดยแสดงอยู่ในรูป –log ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (สมการที่ 2.3-2.4)

$$pH = -\log_{10}[H^+] \quad (2.3)$$

และ

$$pH + pOH = 14 \quad (2.4)$$

2) ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ค่าความเป็นด่างในน้ำเสีย เป็นผลมาจาก OH^-, CO_3^{2-} และ HCO_3^- ของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โปตัสเซียม หรือแอมโมเนีย แต่ $Ca(HCO_3)_2$ และ $Mg(HCO_3)_2$ จะมีอยู่ในน้ำเสียมากกว่าสารอื่น ๆ ซึ่งทำให้มีค่าความเป็นด่างในน้ำเสีย ค่าของความเป็นด่างจะมีความสัมพันธ์กับค่าของ pH คือ ถ้า pH มีค่าต่ำที่น้อยกว่า 4.5 ค่าความเป็นด่างของน้ำเสียนี้จะมีเท่ากับ 0 โดยจะมีค่าความเป็นกรดเท่านั้นหรือถ้า pH มีค่าสูงมาก ๆ คือ มากกว่า 8.3 ค่าความเป็นกรดของน้ำเสียนี้จะมีเท่ากับ 0 โดยจะมีแต่ค่าความเป็นด่างเท่านั้น

3) คลอไรด์ (Chlorides) ในน้ำธรรมชาติจะมีสารคลอไรด์ผสมอยู่ด้วยเสมอ เนื่องจากสารคลอไรด์มาจากดิน หรือหินต่างๆ ซึ่งน้ำไหลผ่านหรือจากชายฝั่งทะเลทั่วไป ค่านี้สามารถใช้บ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำเสียว่ามีมากน้อยเพียงใดได้และอาจใช้เป็นตัวชี้ว่ามีน้ำเสียไหลลงแหล่งน้ำนั้นๆ หรือไม่ แต่เป็นการคาดคะเนเท่านั้น

4) ไนโตรเจน (Nitrogen) ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพวกจุลินทรีย์ ดังนั้น ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีววิทยาจำเป็นต้องมีสารไนโตรเจนพอเพียงในน้ำเสีย ถ้ามีไม่พอจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเติมสารไนโตรเจนผสมลงไปในน้ำเสียให้อยู่ในอัตราส่วน COD : N : P = 150 : 5 : 1 หรือ BOD_5 : N : P = 100 : 5 : 1 แต่ถ้ามีมากเกินไปในแม่น้ำลำคลองหรือบ่อน้ำทั่ว ๆ ไป ก็จะทำให้เกิดปัญหาขึ้นคือจะมีการเจริญเติบโตของสาหร่ายมากในน้ำลำคลองนั้น ๆ ได้

5) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพวกจุลินทรีย์ต่างๆ เช่นเดียวกันกับไนโตรเจน และก็เช่นเดียวกันถ้ามีฟอสฟอรัสมากเกินไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่น้ำลำคลอง หรือบ่อน้ำทั่ว ๆ ไป จะเป็นผลให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายมาก ซึ่งจะทำให้สิ่งแวดล้อมในแม่น้ำลำคลองนั้น ๆ เสียได้

6) โลหะหนัก (Heavy metals) ได้แก่ นิเกิล (Ni) แมงกานีส (Mn) โครเมียม (Cr) สังกะสี (Zn) ปรอท (Hg) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) ฯลฯ ถ้ามีธาตุเหล่านี้มากเกินไปในน้ำก็จะเป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลายได้

7) ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) ออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เพราะต้องถูกนำไปใช้ในขบวนการต่าง ๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน โดยเฉพาะขบวนการหายใจโดยใช้ออกซิเจน ดังสมการ 2.5-2.7

$$1/4\ CH_2O + 1/4\ H_2O \longrightarrow 1/4\ CO_2 + H^+ + e^- \quad (2.5)$$

$$1/4\ O_2 + H^+ + e\text{-} \longrightarrow 1/2\ H_2O \quad (2.6)$$

$$1/4\ CH_2O + 1/4\ O_2 \longrightarrow 1/4\ CO_2 + 1/4\ H_2O \quad (2.7)$$

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อย ค่าการละลายจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าอุณหภูมิ ความดัน ความเข้มข้นของออกซิเจนในบรรยากาศ และความเข้มข้นของเกลือต่าง ๆ ดังนั้นค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำจะคำนวณได้โดยใช้ Henry's law (สมการที่ 2.8)

$$P_{a,oxygen} = H \cdot C_{w,oxygen} \quad (2.8)$$

โดย $P_{a,\ oxygen}$ = Partial pressure ของก๊าซออกซิเจน (atm)

H = ค่า Henry constant

$C_{w,\ oxygen}$ = ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำ (ml/L)

2.1.3.3 ลักษณะทางชีวภาพ

ลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ คือ น้ำเสียที่มีส่วนประกอบทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย รา สาหร่าย โปรโตซัว ไวรัส เป็นต้น

1) แบคทีเรีย คือจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เดียว ขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีผนังหุ้มเซลล์ 2 ชั้น ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ส่วนใหญ่ไม่มีคลอโรฟิลล์ พบอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ร่างกายของคนและสัตว์ มีรูปร่างหลายแบบ เช่น รูปแท่ง รูปทรงกลม รูปขดเป็นวง การดำรงชีวิตของแบคทีเรียต้องใช้พลังงานและสารประกอบต่างๆทั้งในรูปของสารอินทรีย์ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอนินทรีย์ ธาตุสำคัญในส่วนประกอบคือ คาร์บอน โดยแบคทีเรียสามารถแบ่งตามแหล่งคาร์บอนที่ได้มาเป็น 2 ชนิด คือ

- ออโทโทรฟิกแบคทีเรีย (Autotrophic bacteria หรือ Autotroph) เป็นแบคทีเรียที่สร้างอาหารเองได้ ได้แหล่งคาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ และได้พลังงานจากแสงอาทิตย์หรือการออกซิเดชันของสารอนินทรีย์

- เฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย (Heterotrophic bacteria หรือ Heterotroph) เป็นแบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ โดยได้แหล่งคาร์บอนมาจากสารอินทรีย์ และพลังงานจากแสงอาทิตย์

2) รา (Fungi) เป็นจุลินทรีย์ที่มีหลายเซลล์ ไม่มีคลอโรฟิลล์ ลักษณะทั่วไปมักเป็นเส้นใยยาวๆ และมีหลายนิวเคลียส ราสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียในสภาวะที่พีเอชต่ำหรือมีปริมาณไนโตรเจนน้อย สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรตได้ดีและยังสามารถย่อยสลายสารที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ดีกว่าแบคทีเรีย

3) สาหร่าย (Algae) เป็นจุลินทรีย์มีเซลล์เดียว มีนิวเคลียสเห็นได้ชัด ขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย มีคลอโรฟิลล์และรงควัตถุซึ่งอาจใช้จำแนกชนิดได้ พบอยู่ตามบริเวณที่มีความชื้นสูง ทั้งในน้ำจืด และน้ำเค็ม

4) โปรโตซัว (Protozoa) เป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เดียว มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า มีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย บางชนิดอยู่เป็นกลุ่ม (Colony) เซลล์มักมีรูปร่างคงที่มีนิวเคลียสเห็นได้ชัดเจน

5) ไวรัส (Virus) เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กที่สุด ไม่มีลักษณะเป็นเซลล์ ดำรงชีวิตแบบปรสิตสามารถทำให้เกิดโรคแก่คน สัตว์ และพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ลักษณะน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	หน่วย	ความเข้มข้น		
		น้อย	ปานกลาง	มาก
1.ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	350	720	1200
- ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids)	มก./ล.	250	500	850
- ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	100	220	350
2.ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มก./ล.	5	10	20
3.ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)	มก./ล.	110	220	400
4.ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD)	มก./ล.	250	500	1000
5.ไนโตรเจนทั้งหมด (Total as N)	มก./ล.	20	40	85
- อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic)	มก./ล.	8	15	35
- แอมโมเนีย (Free ammonia)	มก./ล.	12	25	50
- ไนโตรท์ (Nitrites)	มก./ล.	0	0	0
- ไนเตรท (Nitrate)	มก./ล.	0	0	0
6.ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as P)	มก./ล.	4	8	15
- สารอินทรีย์ (Organic)	มก./ล.	1	3	5
- สารอนินทรีย์ (Inorganic)	มก./ล.	3	5	10
7. คลอไรด์ (Chloride)[(1)]	มก./ล.	30	50	100
8.ซัลเฟต (Sulfate)[(1)]	มก./ล.	20	30	50
9.สภาพด่าง (Alkalinity as $CaCO_3$)	มก./ล.	50	100	200
10.ไขมัน (Grease)	มก./ล.	50	100	150
11.ปริมาณทั้งหมดโคลิฟอร์ม (Total Coliform)	MPN/100ml	10^6-10^7	10^7-10^8	10^7-10^9

หมายเหตุ :(1) เป็นค่าที่เพิ่มจากค่าที่ตรวจพบในน้ำใช้ปกติ

ที่มา : Metcalf และ Eddy 1991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ประเภทของน้ำเสีย

ประเภทของน้ำเสียสามารถจำแนกตามลักษณะสิ่งเจือปนที่อยู่ในน้ำเสียได้เป็น 8 ประเภท (Master, 1974) ดังนี้

2.1.4.1 น้ำเสียที่มีเชื้อโรค น้ำเสียเกิดจาก เชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เจือปนอยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับน้ำ

2.1.4.2 น้ำเสียที่ต้องการออกซิเจน น้ำเสียเกิดจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ซึ่งต้องการออกซิเจนละลายในน้ำ ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดน้อยลงไป เป็นเหตุให้เกิดน้ำเน่าเสีย มีกลิ่น สิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น พืชน้ำและสัตว์น้ำ ไม่อาจอาศัยอยู่ได้หรือตายไป

2.1.4.3 น้ำเสียจากสารประกอบอนินทรีย์ น้ำเสียเกิดจากเกลืออนินทรีย์ ซึ่งไม่สามารถแยกออกได้ด้วยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมดา (Conventional Treatment Process)

2.1.4.4 น้ำเสียจากปุ๋ยพืชต่างๆ เช่น nitrate, phosphate ส่วนใหญ่เป็นพวกเกลืออนินทรีย์ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำ

2.1.4.5 น้ำเสียเกิดจากสารพวกน้ำมัน ซึ่งเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อชีวิตสัตว์น้ำ เพราะจะกั้นผิวน้ำไม่ให้สัมผัสอากาศ ทำให้การเติมอากาศโดยธรรมชาติ (Reoxygenation) ของน้ำลดลง

2.1.4.6 น้ำเสียเนื่องจากมีสารพิษเจือปน ได้แก่ เกลือของโลหะต่างๆ จนถึงสารสังเคราะห์ทางเคมีที่ซับซ้อนต่างๆ เช่น ยาฆ่าแมลง ผงซักฟอก เป็นต้น

2.1.4.7 น้ำเสียจากตะกอน ได้แก่ น้ำเสียที่มีตะกอนของดิน ทราย และแร่ที่ถูกชะล้าง ซึ่งเกิดจากการจัดการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่ไม่มีประสิทธิภาพ ตะกอนเหล่านี้จะมีผลต่อสัตว์น้ำ

2.1.4.8 น้ำเสียเนื่องจากน้ำทิ้ง ได้แก่ น้ำซึ่งมีสารกัมมันตรังสี และน้ำที่มีอุณหภูมิสูง น้ำเสียจากคนและสัตว์ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากการเกษตรกรรม เป็นต้น

2.1.5 ผลกระทบของน้ำเสีย

น้ำเสียก่อให้เกิดผลกระทบหลายประการ (สายพิณ, 2542) ดังนี้

2.1.5.1 ด้านการประมง น้ำเสียอาจทำให้สัตว์น้ำต่างๆลดลงได้ เนื่องจากมันไม่สามารถดำรงชีวิตหรือแพร่พันธุ์ได้ตามธรรมชาติ น้ำเสียที่ทำให้สภาพตามธรรมชาติของแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป

2.1.5.2 ด้านการสาธารณสุข อนามัย น้ำเสียเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ซึ่งโรคระบาดหลายชนิดเกิดจากน้ำเสียเป็นพาหะ ส่วนมากน้ำเสียยังส่งกลิ่นเหม็น ก่อให้เกิดความเดือดร้อนและบั่นทอนสุขภาพของผู้อาศัยอยู่ใกล้แหล่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.3 ด้านการผลิตน้ำอุปโภคและบริโภค น้ำเสียส่งผลกระทบต่อการผลิตน้ำดื่ม นั่นก็คือแหล่งน้ำที่ผลิตประปาส่วนใหญ่ ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง เมื่อแหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย คุณภาพน้ำลดลง ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้น้ำที่สะอาดและมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มเพิ่มขึ้น

2.1.5.4 ด้านการเกษตรกรรม ทำให้เกิดความเสียหายต่อการเกษตรกรรม และส่วนใหญ่น้ำเสียที่มีความเป็นกรด เป็นด่างสูง นอกจากนี้ น้ำเสียยังเกิดจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการเกษตร เช่น ยาฆ่าแมลง เป็นต้น ยังทำให้เกิดปัญหาเรื่องสารพิษในแหล่งน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของปลา และสัตว์น้ำอื่นๆ

2.1.5.5 ด้านการท่องเที่ยว แหล่งน้ำต่างๆ ถ้าหากมีสิ่งสกปรกหรือมีสิ่งเจือปนในปริมาณที่มากแล้ว ก็ไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ เพราะเป็นที่น่ารังเกียจ เนื่องจากมีสิ่งสกปรกและมีกลิ่นเหม็นเป็นอันตรายต่อสุขภาพและอนามัยของประชาชนที่อาศัยใกล้บริเวณแหล่งน้ำเน่าเสียด้วย น้ำเสียชุมชนจึงจำเป็นต้องผ่านการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยต้องควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งให้อยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

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

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms, EM)

2.2.1 ความหมายจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ

EM ย่อมาจาก Effective Microorganisms หมายถึง กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่ง ศ.ดร.เทรูโอะ ฮิงะ นักวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญสาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยริวกิว เมืองโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น เริ่มค้นคว้าทดลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 และค้นพบ EM เมื่อ พ.ศ. 2526 (แผนงานพัฒนานโยบายสาธารณะเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี, 2547)

EM หรือน้ำจุลินทรีย์ มีลักษณะเป็นของเหลว สีน้ำตาลดำ มีกลิ่นอมเปรี้ยวอมหวาน ค่าพีเอช อยู่ที่ประมาณ 3.5 ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิตจำนวนมากกว่า 80 ชนิด จึงไม่สามารถใช้ร่วมกับสารเคมี หรือยาปฏิชีวนะและยาฆ่าเชื้อต่างๆ ได้ EM ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น คน สัตว์ พืช และแมลงที่เป็นประโยชน์ แต่ช่วยปรับสภาพความสมดุลของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ถ้านำไปใช้ในการล้างตลาดจะช่วยกำจัดกลิ่นเหม็น ลดจำนวนสัตว์และแมลงพาหะนำโรค ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างมาก EM จะทำงานในที่มืดได้ดี ดังนั้น การล้างตลาด ควรกระทำในช่วงเวลาเย็น เพื่อให้การกำจัดสิ่งสกปรกทั้งหลายเป็นไปอย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.2.2 ลักษณะของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ

จุลินทรีย์โดยทั่วไปในธรรมชาติประกอบด้วย 3 กลุ่ม (แผนงานพัฒนานโยบายสาธารณะเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี, 2547) คือ

1. กลุ่มสร้างสรรค์ เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณภาพ มีประมาณ 10 %
2. กลุ่มทำลาย เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ ทำให้เกิดโรค มีประมาณ 10 %
3. กลุ่มเป็นกลาง มีประมาณ 80 % จุลินทรีย์กลุ่มนี้หากกลุ่มใด มีจำนวนมากกว่ากลุ่มนี้จะสนับสนุนหรือร่วมด้วย

ดังนั้น การเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณภาพลงในดิน ก็เพื่อให้กลุ่มสร้างสรรค์มีจำนวนมากกว่า ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น หลังจากที่ถูกทำลายด้วยสารเคมีจนดินเสื่อมคุณภาพไป

จุลินทรีย์มี 2 ประเภท (แผนงานพัฒนานโยบายสาธารณะเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี, 2547)

1. ประเภทต้องการอากาศ (Aerobic microorganisms)
2. ประเภทไม่ต้องการอากาศ (Anaerobic microorganisms)

จุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่มนี้ ต่างพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน และสามารถอยู่ร่วมกันได้ จากการค้นคว้าดังกล่าว ได้มีการนำเอาจุลินทรีย์ที่ได้รับการคัดและเลือกสรรอย่างดีจากธรรมชาติ ที่มีประโยชน์ต่อพืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อม มารวมกัน 5 กลุ่ม (Families) 10 จีนัส (Genues) 80 ชนิด (Spicies) ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกเชื้อราที่มีเส้นใย (Filamentous fungi) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการย่อยสลาย สามารถทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้ดี ปกติใช้เป็นหัวเชื้อผลิตเหล้า ผลิตปุ๋ยหมัก ฯลฯ

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกสังเคราะห์แสง (Photosynthetic microorganisms) ทำหน้าที่สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้แก่ดิน เช่น ไนโตรเจน กรดอะมิโน น้ำตาล วิตามิน และอื่นๆ เพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้แก่ดิน

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก (Zynogumic or Fermented microorganisms) ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้ดินต้านทานโรค (Diseases resistant) ฯลฯ เข้าสู่วงจรการย่อยสลายได้ดี ช่วยลดการพังทลายของดิน ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชบางชนิดของพืชและสัตว์ สามารถบำบัดมลพิษในน้ำเสียที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต่างๆได้

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixing microorganisms) มีทั้งพวกที่เป็นสาหร่ายและพวกแบคทีเรีย ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเพื่อให้ดินผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต เช่น โปรตีน กรดอินทรีย์ กรดไขมัน แป้ง ฮอร์โมน วิตามิน ฯลฯ

กลุ่มที่ 5 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกสร้างกรดแลคติก (Lactic acids) มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อรา และแบคทีเรียที่เป็นโทษ ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศหายใจ ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพดินเน่าเปื่อย หรือดินก่อโรคให้เป็นดินที่ต้านทานโรค ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชที่มีจำนวนนับแสนหรือให้หมดไป นอกจากนี้ยังช่วยย่อยสลายเปลือกเมล็ดพันธุ์พืชช่วยให้เมล็ดงอกได้ดีและแข็งแรงกว่าปกติอีกด้วย

EM ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มากกว่า 80 ชนิด จากกลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

- กลุ่มจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติค
- กลุ่มจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน
- กลุ่มจุลินทรีย์แอคทีโนมัยซีทส์
- กลุ่มจุลินทรีย์ยีสต์

ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ได้จากธรรมชาตินำมาเพาะเลี้ยงและขยายให้จุลินทรีย์ขยายตัวด้วยปริมาณที่สมดุลกันด้วยเทคโนโลยีพิเศษ โดยใช้อาหารจากธรรมชาติ เช่น โปรตีน รำข้าว และสารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.3 ประโยชน์ของจุลินทรีย์โดยทั่วไป (สุนทร, 2551)

ด้านการเกษตร

- ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในดินและน้ำ
- ช่วยแก้ปัญหาจากแมลงศัตรูพืชและโรคระบาดต่าง ๆ
- ช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำและอากาศผ่านได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุ เพื่อให้เป็นปุ๋ย (อาหาร) แก่อาหารพืชดูดซึมไปเป็นอาหารได้ดี ไม่ต้องใช้พลังงานมากเหมือนการให้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์

- ช่วยสร้างฮอร์โมนพืช พืชให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีขึ้น

- ช่วยให้ผลผลิตคงทน สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน มีประโยชน์ต่อการขนส่งไกล ๆ เช่น ส่งออกต่างประเทศ

- ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากฟาร์มปศุสัตว์ ไก่และสุกร ได้ภายในเวลา 24 ชม.

- ช่วยกำจัดน้ำเสียจากฟาร์มได้ภายใน 1 – 2 สัปดาห์

- ช่วยกำจัดแมลงวัน โดยการตัดวงจรชีวิตของหนอนแมลงวันไม่ให้เข้าดักแด้เกิดเป็นตัวแมลงวัน

- ช่วยป้องกันอหิวาห์และโรคระบาดต่างๆ ในสัตว์แทนยาปฏิชีวนะและอื่นๆได้

- ช่วยเสริมสุขภาพสัตว์เลี้ยง ทำให้สัตว์แข็งแรงมีความต้านทานโรคสูง ให้ผลผลิตสูง อัตราการตายต่ำ

ด้านการประมง

- ช่วยควบคุมคุณภาพในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้

- ช่วยแก้ปัญหาโรคพยาธิในน้ำเป็นอันตรายต่อกุ้ง ปลา กบ หรือสัตว์น้ำที่เลี้ยงได้

- ช่วยรักษาโรคแผลต่าง ๆ ในปลา กบ จระเข้ ฯลฯ ได้

- ช่วยลดปริมาณขี้เลนในบ่อ และทำให้เลนไม่เน่าเหม็น สามารถนำไปผสมปุ๋ยหมักใช้สำหรับพืชต่างๆได้อย่างดี

ด้านสิ่งแวดล้อม

- ช่วยปรับสภาพเศษอาหารจากครัวเรือน ให้กลายเป็นปุ๋ยที่มีประโยชน์ต่อพืชผักได้

- ช่วยปรับสภาพน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน โรงงาน โรงแรมหรือแหล่งน้ำเสีย

- ช่วยดับกลิ่นเหม็นจากกองขยะที่ทับถมมานานได้

2.3 จุลินทรีย์จากอาหาร

จุลินทรีย์จากอาหารเป็นอีกแหล่งจุลินทรีย์หนึ่ง ที่อาจนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน เนื่องจากมีกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ตัวอย่างจุลินทรีย์จากอาหาร ได้แก่

2.3.1 แหนม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

แหนม (fermented ground pork) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยเนื้อหมูผสมหนังหมู หรือหูหมู จมูกหมูเป็นเครื่องปรุง ห่อเป็นมัด หรือลักษณะอื่นๆ หมักจนได้รสเปรี้ยวแล้วอาจนำไปฉายรังสีด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ฉายรังสี ปริมาณรังสีที่ได้รับเฉลี่ยสูงสุดควรไม่เกิน 4 กิโลเกรย์ (มอก.1219-2537) แหนมมีหลายชนิด เช่น แหนมหูหมูซึ่งผสมหูหมูหั่นหยาบ ทำให้มีความกรุบและมีลักษณะเนื้อที่แปลกออกไป มีการผลิตมากทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในแหนมในระยะแรกพบ เชื้อ *Pediococcus cerevisiae* และพวกแลกโตบาซิลลัสที่สามารถผลิตกรดแลกติกและสารอื่นๆได้ (heterofermentative lactobacilli) เจริญอย่างรวดเร็วและสร้างกรดขึ้นมาทำให้มีสภาพเป็นกรดสูงซึ่งจะพบเชื้อแลกโตบาซิลลัส 2 ชนิด (*Lactobacillus plantarum* และ *Lactobacillus brevis*) เจริญต่อจากจุลินทรีย์กลุ่มแรกและสร้างกรดเพิ่มขึ้นซึ่งจะช่วยให้แหนมเกิดรสเปรี้ยว เมื่อเริ่มผลิตแหนมจะมีค่าพีเอชประมาณ 5.9-6.3 ระยะแรกค่าพีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็วจนมีค่าประมาณ 4.45-4.55 ระยะที่เหมาะสมในการรับประทานคือประมาณวันที่ 4 ของการหมัก จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของแหนมที่มีจำหน่ายในท้องตลาดพบว่า มีความชื้น 65 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 23.1 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 2.3 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 51 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นยังมีวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ธาตุเหล็ก และฟอสฟอรัส

2.3.2 ไตปลา (อรตี, 2542)

ชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในไตปลาคือ *Bacillus subtilis* , *Bacillus polymyxa* , *Micrococcus* sp., *Pediococcus halophilus*, *Pediococcus* sp., *Staphylococcus epidermis* และ *Vibrio fischeri*

จากการศึกษาแยกเชื้อ *Pediococcus* spp. พบ *Pediococcus acidilactici* ในตัวอย่างไตปลาที่ทำการศึกษา ซึ่งจากการศึกษาของ Nieisen และคณะ (1990) พบว่า *P. acidilactici* สามารถสร้างแบคโทริโอซินที่สามารถยับยั้งและฆ่าเชื้อ *Listeria monocytogenes* ที่มีอยู่ในเนื้อสดได้

สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในไตปลาแม้จะมีปริมาณสูง (1.7×10^5 cfu/g) แต่ไตปลาซึ่งเป็นอาหารหมักจะมีพวกแลคติคแอสิดแบคทีเรีย ซึ่งมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญต่อเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial activities) โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีการสร้างสารที่เรียกว่าสารยับยั้งการเจริญต่อจุลินทรีย์ (antimicrobial substances) ซึ่งได้แก่ กรดอินทรีย์ (organic acids) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และแบคเทอริโอซิน (bacteriocin) และจากการศึกษาของพบว่าไตปลามีปริมาณแบคทีเรียแลคติกเท่ากับ 1.48×10^4 cfu/g

2.3.3 กล้วย (Ngamau *et al.*, 2012)

ในกล้วย มีสกุลและสปีชีส์ที่จำแนกไว้ ประกอบด้วย *Azospirillum brasilense* and *Azospirillum amazonense* (Weber *et al.*, 1999), *Bacillus* spp. (Harish *et al.*, 2008), *Burkholderia* spp. (Weber *et al.*, 1999; Ting *et al.*, 2008), *Citrobacter* spp. (Martínez *et al.*, 2003), *Enterobacter* spp. (Martínez *et al.*, 2003), *Herbaspirillum* spp. (Weber *et al.*, 1999, 2001), *Klebsiella* spp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Martínez *et al*., 2003; Rosenblueth *et al*., 2004), *Pseudomonas* spp. (Harish *et al*., 2008; Ting *et al*., 2008), *Rhizobium* spp. (Martínez *et al*., 2003) and *Serratia* spp. (Ting *et al*., 2008).

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เจษฎา (2555) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ EM ในการบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้น ได้ด้วยการเพิ่มปริมาณค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำและความสามารถในการบำบัดน้ำเสียจากการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเสียหรือจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่เชื้อสร้างขึ้นระหว่างนำมาขยายด้วยกากน้ำตาลก่อนเอาไปทดลอง โดยวิธีการทดลองนี้เริ่มจากเก็บน้ำเสียในบริเวณที่มีการท่วมขัง ปริมาตร 80 ลิตร ตวงใส่โหลแก้วขนาด 2 ลิตร โหลละ 1 ลิตร จำนวน 45 ใบ จัดแบ่งโหลน้ำเสียเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดควบคุม (ไม่ใส่อีเอ็ม) ชุดอีเอ็ม (ใส่อีเอ็มที่เตรียมจากการนำหัวเชื้ออีเอ็มที่เป็นที่นิยมยี่ห้อหนึ่ง มาขยายเพิ่มด้วยกากน้ำตาลตามปริมาณที่กำหนด เป็นเวลา 2 วัน) และชุด filtrated EM (ใช้อีเอ็มที่ขยายแล้ว มากรองเอาเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็มออกด้วยกระดาษกรองเนื้อละเอียดสูง ให้เหลือแต่น้ำและผลิตภัณฑ์ที่เชื้อสร้างขึ้น) โดยเติมอีเอ็ม และ filtrated EM อย่างละ 1 มิลลิลิตร ตามชุดการทดลองที่กำหนด จากนั้นวางชุดการทดลองตามลำดับวันที่จะเก็บตัวอย่างน้ำไปตรวจ คือ ชุดวันที่ 0 (วันแรก) 1, 2, 4 และ 7 วัน โดยใช้วิธี Complete Randomized Design (CRD) ในการสุ่มวางตำแหน่งของโหลน้ำเสีย เพื่อให้แสงจากหลอดไฟขนาด 60 วัตต์ ที่ฉายให้วันละ 12 ชั่วโมง สามารถกระจายได้ทั่วถึง เปิดฝาขวดทิ้งไว้เพื่อให้น้ำสัมผัสกับอากาศเก็บตัวอย่างน้ำไปตรวจ ค่า Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Dissolved Oxygen (DO) ค่าไนโตรเจนอินทรีย์ในน้ำ (Organic Nitrogen) และค่า Total Suspended Solid (TSS) ในวันที่กำหนด ผลการศึกษาพบว่า เมื่อครบ 7 วัน พบว่าน้ำใสหมดทุกขวด และแต่ละขวดก็ใสพอๆ กัน แสดงว่าไม่ต้องใช้อีเอ็มหรือน้ำกรองอีเอ็ม เชื้อที่มีอยู่ตามธรรมชาติก็สามารถทำให้น้ำใสได้ ถ้าอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม คือ มีการถ่ายเทของอากาศที่เพียงพอ และไม่มีสารอินทรีย์เติมเข้าไปเพิ่มในระบบ ส่วนผลการวัดและวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ พบว่าอีเอ็มไม่ได้มีผลทำให้ ค่า BOD ลดลงในอัตราที่เร็วกว่าชุดควบคุม รวมทั้งไม่ได้เร็วกว่าชุดน้ำอีเอ็มที่กรองเอาเชื้อออกด้วย สำหรับค่า COD พบว่าในแต่ละชุดการทดลอง มีค่าค่อนข้างคงที่ หรือไม่ได้มีแนวโน้มลดลงอย่างค่า BOD ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า DO หรือค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ชี้ให้เห็นว่าเชื้ออีเอ็มไม่สามารถสร้างออกซิเจนเองได้ เนื่องจากค่า DO ที่เพิ่มขึ้นนั้น ไม่ได้สูงกว่าชุดควบคุม ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนอินทรีย์ซึ่งจะบ่งชี้ของเสียในน้ำ โดยในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทุกชุดการทดลองของแต่ละวัน จึงแสดงให้เห็นว่า ทั้งอีเอ็มและ filtrated EM ไม่ได้ส่งผลให้ไนโตรเจนอินทรีย์ในน้ำเสียมีค่าลดลงแต่อย่างใด ค่าเฉลี่ยของ TSS พบว่าในวันแรกที่เพิ่งจะเริ่มต้นการทดลองเท่านั้น ที่ค่า TSS ในชุดควบคุมมีค่าต่ำกว่าในชุดอีเอ็มและชุด filtrated EM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นก็ไม่มีความแตกต่างกันอีกเลย จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีเอ็มลงไปในน้ำส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนภายในน้ำลดลง โดยอีเอ็ม หรือส่วนน้ำใสของอีเอ็ม (filtrated EM) ไม่ได้มีผลให้น้ำใสขึ้น และจากดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำทั้ง 5 ตัวแปร ชุดควบคุมซึ่งเป็นการปล่อยน้ำเสียไว้ตามธรรมชาติให้ค่าที่ดีกว่าชุดการทดลองที่มีการเติมอีเอ็ม และ filtrated EM

ไกรสร และคณะ (2550) ได้ศึกษาการใช้จุลินทรีย์ EM ในการบำบัดน้ำเสียโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1 ไม่เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชุดการทดลองที่ 2 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 10 % ชุดการทดลองที่ 3 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 20 % ชุดการทดลองที่ 4 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 30 % ชุดการทดลองที่ 5 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 40 % ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ, ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ซีโอดี (COD) และน้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) หลังจากเติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) แล้วทำการศึกษาทุก 7, 14 และ 21 วัน หลังจากเติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จากผลการทดลองพบว่า ชุดที่บำบัดได้ดีที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 3 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 20 % ลดปริมาณซีโอดีลงเหลือ 365.24 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการบำบัด 67.15 % ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ยังมีเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ไม่เพียงพอกับปริมาณของสารอินทรีย์ ทำให้สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ยังมีเหลืออยู่มาก ในชุดการทดลองที่ 4 และ 5 มีปริมาณจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มากกว่าอาหารของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสารอินทรีย์อยู่ในน้ำเสีย ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียไม่เพียงพอต่อความต้องการอาหารของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทำให้จุลินทรีย์ตาย ส่งผลให้ค่าซีโอดียังมีค่าสูง และน้ำมันและไขมัน จากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเสียโรงอาหาร ปริมาณน้ำมันและไขมันมีค่า 3,793.20 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำน้ำเสียจากโรงอาหารมาบำบัดด้วยการเติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่า ชุดการทดลองที่ลดปริมาณน้ำมันและไขมันได้ดีที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 5 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 40 % ลดปริมาณน้ำมันและไขมันลงเหลือ 521.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการบำบัด 86.26 % ที่ระยะเวลา 21 วัน ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในชุดการทดลอง 1, 2, 3 และ 4 ยังมีเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ไม่เพียงพอกับปริมาณของสารอินทรีย์ ทำให้มีการย่อยสลายสารอินทรีย์น้อยส่งผลให้ปริมาณน้ำมันและไขมันยังมีค่ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ภาคสนาม ยี่ห้อ HACH รุ่น Sension 6 บริษัท HACH จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา

2) เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ยี่ห้อ YSI รุ่น 52 บริษัท YSI จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา

3) เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Consort รุ่น C860 ประเทศสหรัฐอเมริกา

4) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ Consort รุ่น C860 ประเทศสหรัฐอเมริกา

5) เครื่องวัดความขุ่น รุ่น Micro 1000 Laboratory บริษัท ชัชรีย์ โฮลดิ้ง จำกัด ประเทศไทย

6) ชุดกรองสูญญากาศ ยี่ห้อ EYEL4 รุ่น A-3S ประเทศญี่ปุ่น

7) เครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius ประเทศสหรัฐอเมริกา

8) เครื่องยูวีสเปกโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Spectranic รุ่น Genesys 10 UV-Vis ประเทศสหรัฐอเมริกา

9) เครื่อง Autoclave ยี่ห้อ Tomy High-pressure steam รุ่น Sterilizer ES-315

10) ตู้อบความร้อนอุณหภูมิ 180 $^{\circ}$C ยี่ห้อ Memmert บริษัท Memmert ประเทศเยอรมนี

11) ตู้บ่มอุณหภูมิ 30 $^{\circ}$C ยี่ห้อ Memmert บริษัท Memmert ประเทศเยอรมนี

12) ตู้บ่ม BOD ยี่ห้อ MARCHCOOL

13) ตู้อบ ยี่ห้อ High Performance Lab Oven รุ่น Isomer Temperature ประเทศอินเดีย

14) อ่างควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Rost Frel รุ่น w600 บริษัท Memmert ประเทศเยอรมนี

15) เครื่องให้ความเย็น รุ่น CP 30E บริษัท Heto-Holten A/S ประเทศเดนมาร์ก

16) เครื่องกลั่นไนโตรเจน ยี่ห้อ BUCHI Distillation Unit B-323

17) เดซิกเคเตอร์

18) กระดาษกรอง Filtration Membranes ขนาด 0.45 μm เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 mm

19) อุปกรณ์เครื่องแก้ว

20) ถังพลาสติกใส่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียมตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์

ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้เป็นตัวแทนน้ำเสียจากการท่วมขัง เตรียมโดยหมักเศษอาหาร 1 ส่วน : น้ำจากสระธรรมชาติ 10 ส่วนโดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในถังพลาสติกขนาด 8 แกลลอน ปิดปากถังด้วยถุงพลาสติก หมักทิ้งไว้ 2-3 วัน จากนั้นวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียก่อนนำไปบำบัด ดังแสดงในตารางที่ 3.1 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย

พารามิเตอร์	วิธีมาตรฐาน
1. ความเป็นกรดและด่าง (pH)	pH Meter
2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
3. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)	Potassium Dichromate Digestion แบบ Closed Reflux
4. ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
5. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
6. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids)	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
7. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	สกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
8. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	แอสคอร์บิคแอซิด (Ascorbic Acid)
9. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	Total Kjeldahl Nitrogen
10. อุณหภูมิ (Temperature)	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
11. ความขุ่น (Turbidity)	เครื่องวัดความขุ่น
12. ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)	เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำภาคสนาม
13. ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า
14. ความเข้มของสี (ADMI)	เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ที่มา : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553 และ APHA, AWWA and WEF, 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเตรียมจุลินทรีย์

3.3.1 จุลินทรีย์จากอาหาร

จุลินทรีย์จากอาหารได้รับความอนุเคราะห์สูตรการเตรียมจาก ดร.ปราโมทย์ ศิริโรจน์ อาจารย์พิเศษ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1) วัตถุดิบ

- แหนมเปรี้ยว 200 กรัม
- กล้วยสุก 200 กรัม
- ไตปลา (ที่ไม่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรส์) 100 กรัม
- น้ำตาลทรายแดง 200 กรัม
- น้ำ (ปราศจากคลอรีน) 1 ลิตร

2) วิธีทำ

2.1) นำแหนมเปรี้ยว กล้วยสุกอย่างละ 200 กรัม และไตปลา 100 กรัม มาปั่นให้ละเอียด

2.2) นำน้ำตาลทรายแดง 200 กรัม มาละลายในน้ำ (ปราศจากคลอรีน) 1 ลิตร คนให้เข้ากัน

2.3) นำแหนม กล้วยสุก และไตปลาที่ปั่นละเอียดแล้วมาผสมกับน้ำตาลทรายแดงที่ละลายไว้ คนให้เข้ากัน

2.4) เทส่วนผสมลงในขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร ค่อนข้างเต็มปิดด้วยถุงพลาสติกและมัดด้วยเชือกอย่างหลวมๆ เก็บไว้ในที่มืด 2-3 วัน แล้วทดสอบ pH เมื่อมี pH < 4 จึงสามารถนำมาใช้ได้

3) วิธีการขยายเชื้อจุลินทรีย์

3.1) นำหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้มา 1% โดยปริมาตร ใส่ในน้ำตาลทรายแดง 2% w/v ผสมให้เข้ากัน ใส่ในขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร ปิดปากขวดพลาสติก มัดด้วยเชือกหลวมๆ

3.2) ตั้งทิ้งไว้ 2 วัน แล้วทดสอบ pH เมื่อมี pH < 4 จึงไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.3) จากนั้นนำเชื้อจุลินทรีย์ที่ขยายเชื้อแล้ว มาหาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ โดยวิธี Total Plate Count ที่ระดับการเจือจาง 1 : 10^3 บ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำมานับโคโลนีและย้อมสีแบบ Simple stain นับจำนวนเชื้อด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า

3.3.2 EM กทม.

EM กทม. ทำโดยนำเศษอาหารมาผสมกับกากน้ำตาลแล้วหมักทิ้งไว้ ได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่าง EM กทม. จากทางสำนักงานเขตลาดกระบัง กทม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 การศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

นำน้ำเสียที่เตรียมได้จากข้อ 3.2 ไปศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 7 ชุดการทดลอง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 มีรายละเอียด ดังนี้

ชุดที่ 1 ชุดควบคุม ใช้ตัวอย่างน้ำเสีย 1 ลิตร ไม่เติมเชื้อจุลินทรีย์

ชุดที่ 2 ชุด EM กทม. 1 % ใช้ตัวอย่างน้ำเสีย 1 ลิตร ใส่ EM ลงไป 10 มิลลิลิตร

ชุดที่ 3 ชุด EM กทม. 3 % ใช้ตัวอย่างน้ำเสีย 1 ลิตร ใส่ EM ลงไป 30 มิลลิลิตร

ชุดที่ 4 ชุด EM กทม. 5 % ใช้ตัวอย่างน้ำเสีย 1 ลิตร ใส่ EM ลงไป 50 มิลลิลิตร

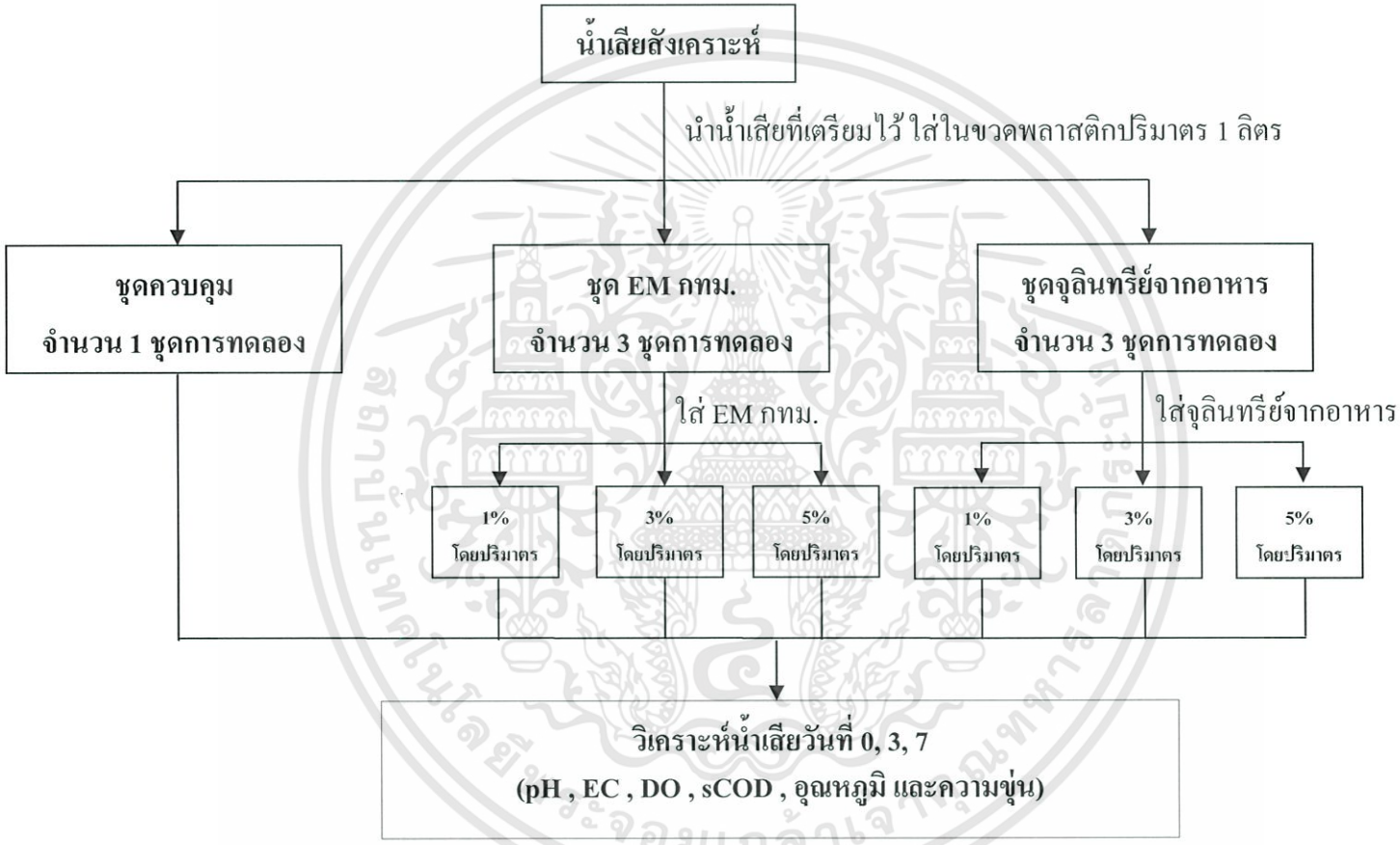
ชุดที่ 5 ชุดจุลินทรีย์ที่เตรียมจากอาหาร 1% ใช้ตัวอย่างน้ำเสีย 1 ลิตร ใส่เชื้อจุลินทรีย์ลงไป 10 มิลลิลิตร

ชุดที่ 6 ชุดจุลินทรีย์ที่เตรียมจากอาหาร 3% ใช้ตัวอย่างน้ำเสีย 1 ลิตร ใส่เชื้อจุลินทรีย์ลงไป 30 มิลลิลิตร

ชุดที่ 7 ชุดจุลินทรีย์ที่เตรียมจากอาหาร 5% ใช้ตัวอย่างน้ำเสีย 1 ลิตร ใส่เชื้อจุลินทรีย์ลงไป 50 มิลลิลิตร

จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำเสียแต่ละชุด มาวิเคราะห์พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ ค่าออกซิเจนละลายน้ำได้ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า อุณหภูมิ และความขุ่น โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำในวันที่ 0, 3 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลองการหาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

3.4.2 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

นำแหล่งจุลินทรีย์ที่เหมาะสมที่ได้จากขั้นตอน 3.4.1 (เชื้อจุลินทรีย์ที่เตรียมจากอาหาร และ EM จาก กทม.) โดยแบ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ดังนี้

ถังที่ 1 ชุดควบคุม ใช้ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ 35 ลิตร

ถังที่ 2 ชุดเชื้อจุลินทรีย์ที่เตรียมจากอาหาร ใช้ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ 35 ลิตร ใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่เตรียมจากอาหาร (ขยายหัวเชื้อแล้ว) 1% โดยปริมาตร (350 มิลลิลิตร)

ถังที่ 3 ชุด EM กทม. ใช้ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ 35 ลิตร ใส่ EM กทม. 1 % โดยปริมาตร (350 มิลลิลิตร)

โดยขั้นตอนการดำเนินการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 มีรายละเอียด ดังนี้

1) นำดินที่เก็บจากบ่อน้ำธรรมชาติ 5 กิโลกรัม มาเกลี่ยบนก้นถังและข้างถังขนาด 47x68x38 เซนติเมตร เติมน้ำจากสระธรรมชาติ 25 ลิตร เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ได้ในข้อ 3.2 จำนวน 10 ลิตรผสมให้เข้ากัน

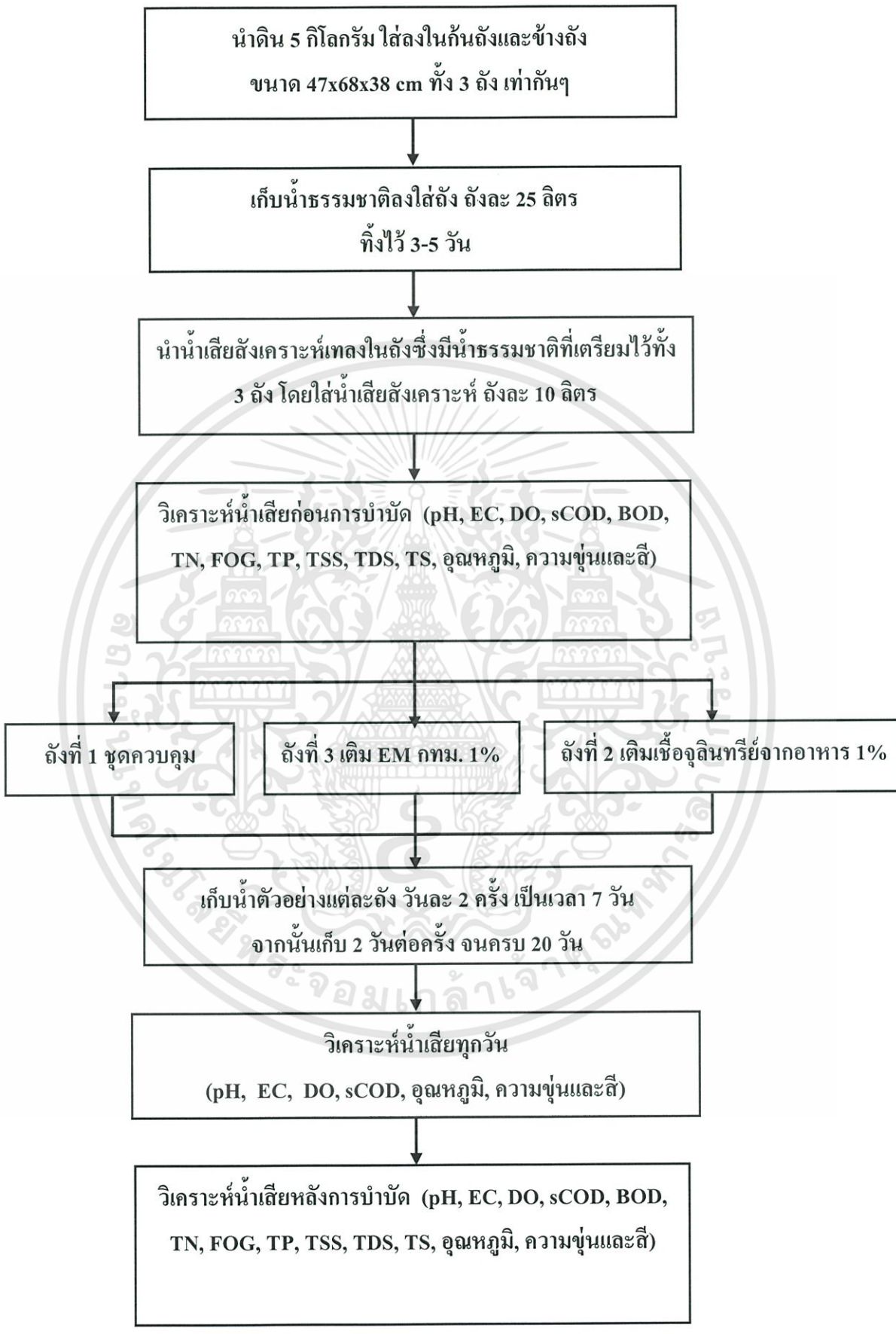
2) วิเคราะห์น้ำเสียก่อนการบำบัดดังแสดงในตารางที่ 3.1

3) นำเชื้อจุลินทรีย์จากอาหารที่ขยายเชื้อแล้วและ EM กทม. ใส่ในถังน้ำเสียสังเคราะห์ ในสัดส่วน 1 % โดยปริมาตร คนให้เข้ากันกับน้ำเสีย

4) เก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง อุณหภูมิ ความขุ่น ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) การนำไฟฟ้า ความต้องการออกซิเจนโดยวิธีทางเคมีที่ละลายน้ำได้ (sCOD) และสี ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นวิเคราะห์ 2 วันต่อครั้ง จนครบ 20 วัน

5) ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์หลังการบำบัด ดังแสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้จุลินทรีย์จากอาหาร และจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms, EM) จากกทม.ในการบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขัง ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์

4.1.1 ผลการศึกษาประเภทของเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร และ EM กทม.

เชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร ที่ได้จากการส่องกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 100 เท่า พบเชื้อแบบกลม (Cocci form) ซึ่งเชื้อประเภทนี้จะพบในแหนม และไตปลา ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ก) ส่วนเชื้อ EM กทม. ที่ได้จากการส่องกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 100 เท่า พบเชื้อแบบแท่ง (Bacilli form) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ข)

(ก) เชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร ที่กำลังขยาย 100X

(ข) เชื้อ EM กทม. ที่กำลังขยาย 100X

รูปที่ 4.1 ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร และ EM กทม. ที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 100 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร และ EM กทม. โดยวิธี Total Plate Count

จากตารางที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตาราง ข-1 ภาคผนวก ข.) แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร ที่ระดับการเจือจาง $1:10^3$ มีจำนวนแบคทีเรียเฉลี่ย 195 โคโลนี และมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ $1.95 \times 10^6 \pm 8$ CFU ต่อ มล. และหาปริมาณเชื้อ EM กทม.ที่ระดับการเจือจาง $1:10^3$ มีจำนวนแบคทีเรียเฉลี่ย 86 โคโลนี และมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ $8.60 \times 10^5 \pm 11.14$ CFU ต่อ มล.

ตารางที่ 4.1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (CFU/ มล.) ที่ระดับการเจือจาง $1: 10^3$

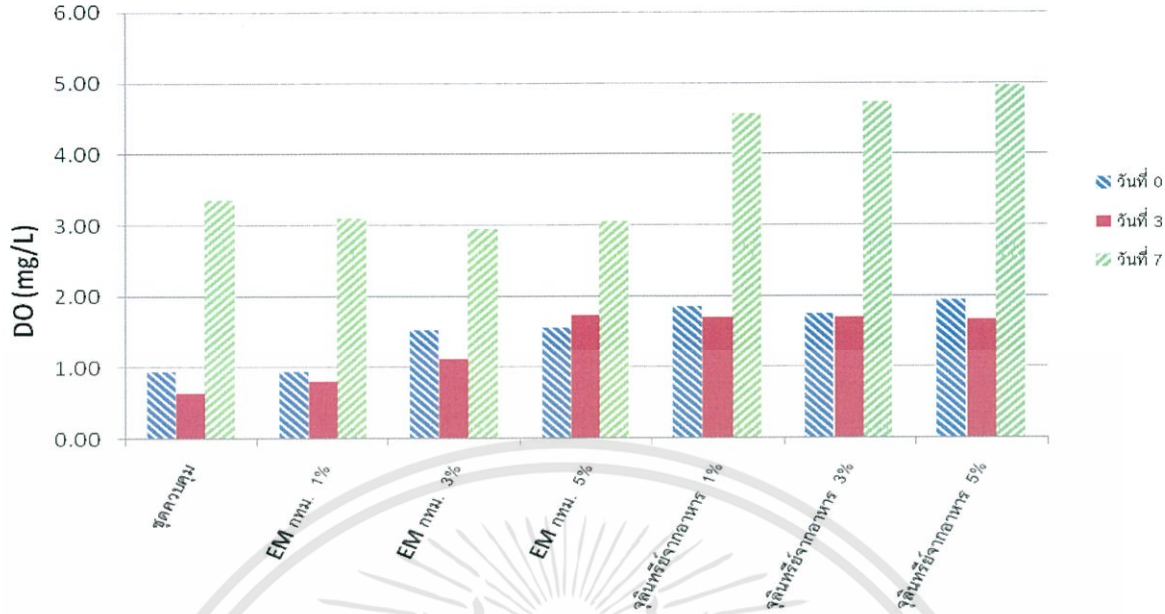
ระดับการเจือจาง $1 : 10^3$	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (CFU/ มล.)
จุลินทรีย์จากอาหาร	$1.95 \times 10^6 \pm 8.00$
EM กทม.	$8.60 \times 10^5 \pm 11.14$

4.2 ผลการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

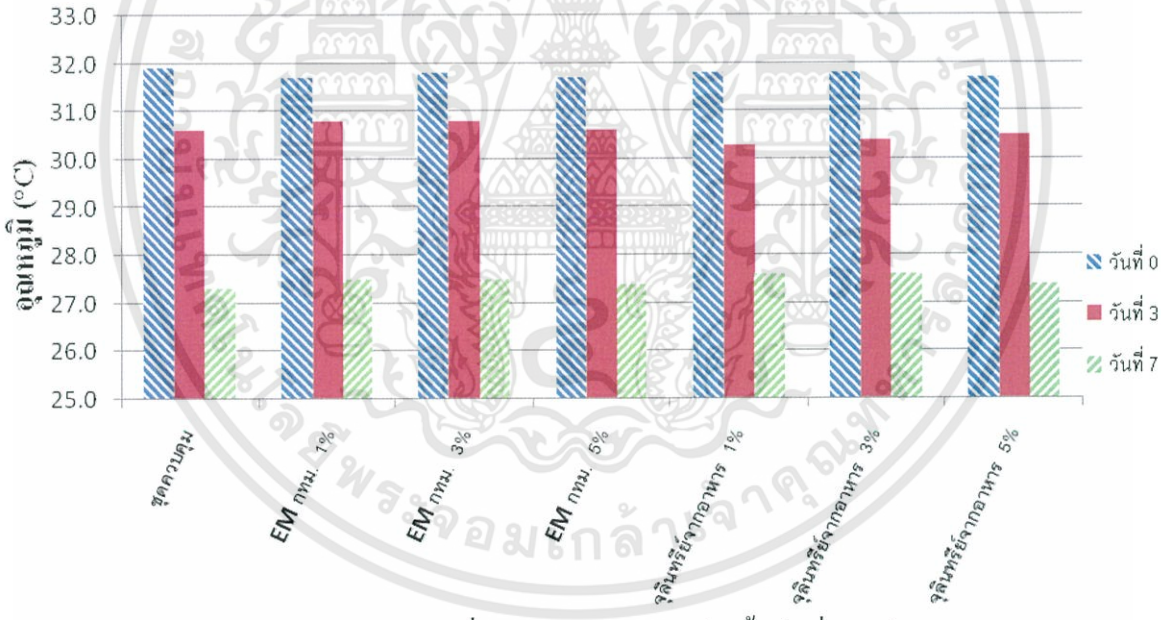
4.2.1 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า DO ในน้ำเสีย

รูปที่ 4.2ก แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า DO ในน้ำเสียที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-2-1 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลองพบว่า DO มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านไป 7 วัน ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียลดลง ส่งผลให้ออกซิเจนสามารถละลายลงไปในน้ำได้มากขึ้น นอกจากนี้ ค่าอุณหภูมิในน้ำลดลงในวันที่ 3 และ 7 (รูปที่ 4.2ข) (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-2-2 ภาคผนวก ข) เนื่องจากสภาพอากาศทำให้ออกซิเจนสามารถละลายในน้ำได้เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่า ค่า DO ในน้ำเสียของแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-1 – ค-2 ภาคผนวก ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) การเปลี่ยนแปลงค่า DO ในน้ำเสียที่เวลาต่างๆ



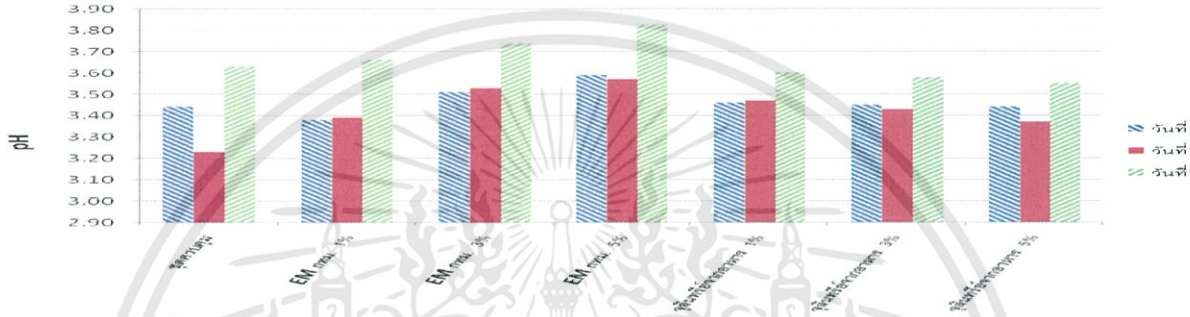
(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิในน้ำเสียที่เวลาต่างๆ

รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่า DO และอุณหภูมิที่เวลาต่างๆ
โดยใช้ชนิด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำเสีย

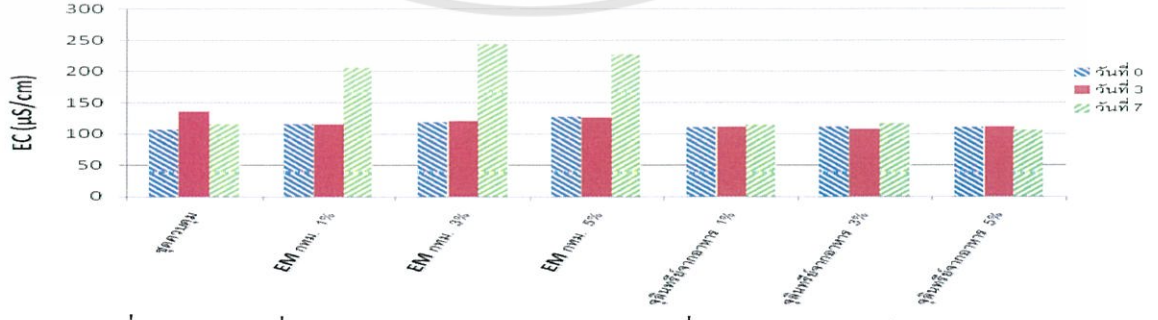
รูปที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-3 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลองพบว่าค่า pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายกลายเป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งถูกย่อยสลายต่อไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ค่า pH มีค่าสูงขึ้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-3 – ค-4 ภาคผนวก ค)



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน

4.2.3 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในน้ำเสีย

รูปที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-4 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลองพบว่าส่วนใหญ่จะมีค่า EC ค่อนข้างคงที่ เมื่อวันเวลาผ่านไป 7 วัน แต่จะพบว่าในน้ำเสียที่บำบัดด้วย EM ของกทม.ที่ 1% , 3% และ 5% จะมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) สูงขึ้น เมื่อวันผ่านไป 7 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่า ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-5 – ค-6 ภาคผนวก ค)

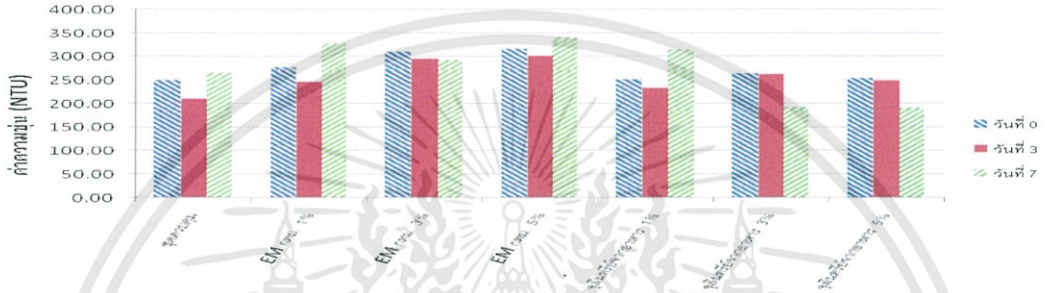


รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น ในน้ำเสีย

รูปที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-5 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลอง พบว่าค่าความขุ่น เมื่อผ่านไป 7 วัน น้ำเสียที่บำบัดโดยใช้ EM กทม. มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่น้ำเสียที่บำบัดโดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร มีแนวโน้มลดลง จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่าความขุ่นของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-7 – ค-9 ภาคผนวก ค)



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน

4.2.5 ผลการเปลี่ยนแปลงสีในน้ำเสีย

(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 4.6 ลักษณะสีของตัวอย่างน้ำในวันที่ 0 (ก), 3 (ข) และ 7 (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6ก แสดงถึงลักษณะของสีตัวอย่างน้ำก่อนใส่เชื้อจุลินทรีย์ (วันที่ 0) จากการทดลอง พบว่าสีน้ำตัวอย่างที่บำบัดด้วย EM กทม. 5% มีสีเข้มที่สุด เนื่องจากเป็นสีของ EM และชุดควบคุม มีสีน้อยที่สุด หลังจากใส่เชื้อจุลินทรีย์ไปแล้ว 3 วัน และ 7 วัน พบว่า สีน้ำตัวอย่างที่บำบัดด้วย EM กทม. 5% มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูป 4.6ข และ ค) ส่วนสีของน้ำตัวอย่างที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์จากอาหารมีสีขาวขุ่น

4.2.6 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ในน้ำเสีย

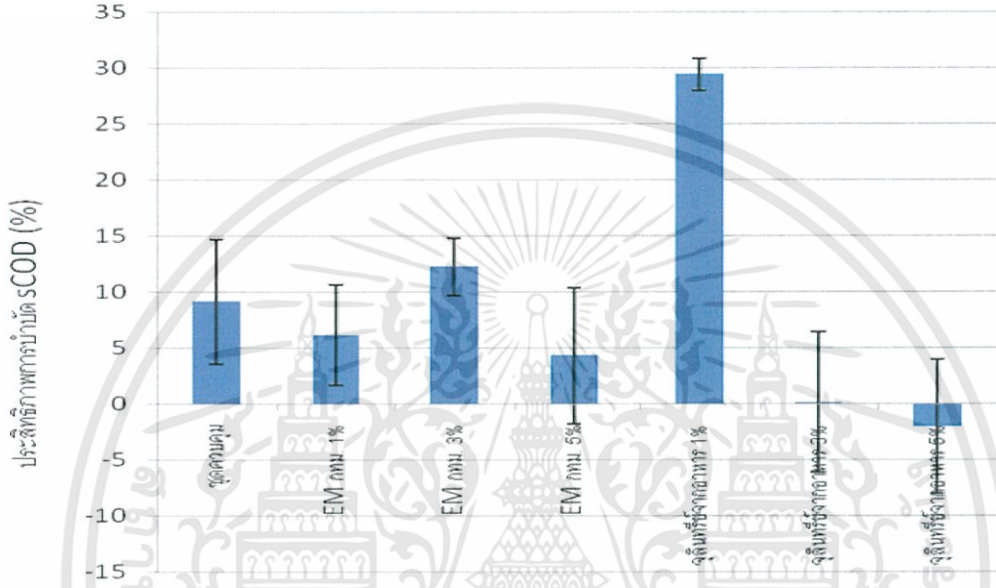
รูปที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-6 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลอง พบว่าการบำบัดน้ำเสียโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากอาหารที่ 1 % เมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน มีค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ลดลงมากที่สุด จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ของแต่ละชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-10–ค-11 ภาคผนวก ค)

รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำเสีย

รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด sCOD เมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน โดยใช้ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-7 ภาคผนวก ข) จะพบว่าชุดควบคุม มีประสิทธิภาพการบำบัด sCOD เท่ากับ 9.17±5.59 %, EM กทม. 3 % มีประสิทธิภาพการบำบัด sCOD เท่ากับ 12.29 ± 2.57 %, EM ที่เตรียมจากอาหาร 1 % มีประสิทธิภาพการบำบัด sCOD เท่ากับ 29.44 ± 1.39 %



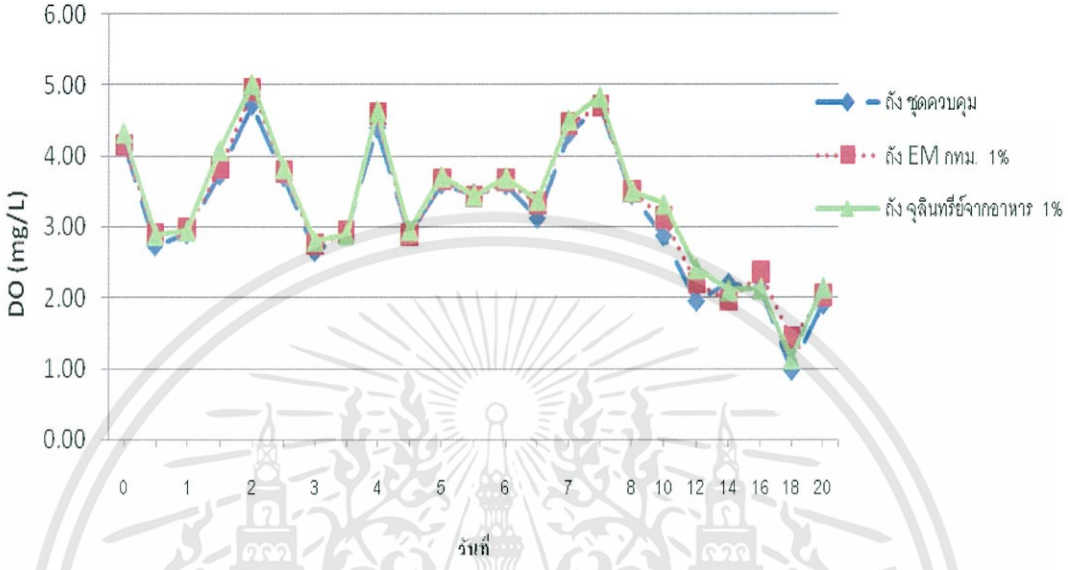
รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน

พบว่าค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ของเชื้อจุลินทรีย์จากอาหารที่ 1% มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดมากที่สุด เท่ากับ 29.44 ± 1.39 % และค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ของ EM กทม. ที่ 1% และ 3% มีค่าประสิทธิภาพการบำบัด sCOD เท่ากับ 6.17 ± 4.48 % และ 12.29 ± 2.57 % ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ของ EM กทม.ที่ 1% และ 3% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-12–ค-15 ภาคผนวก ค)

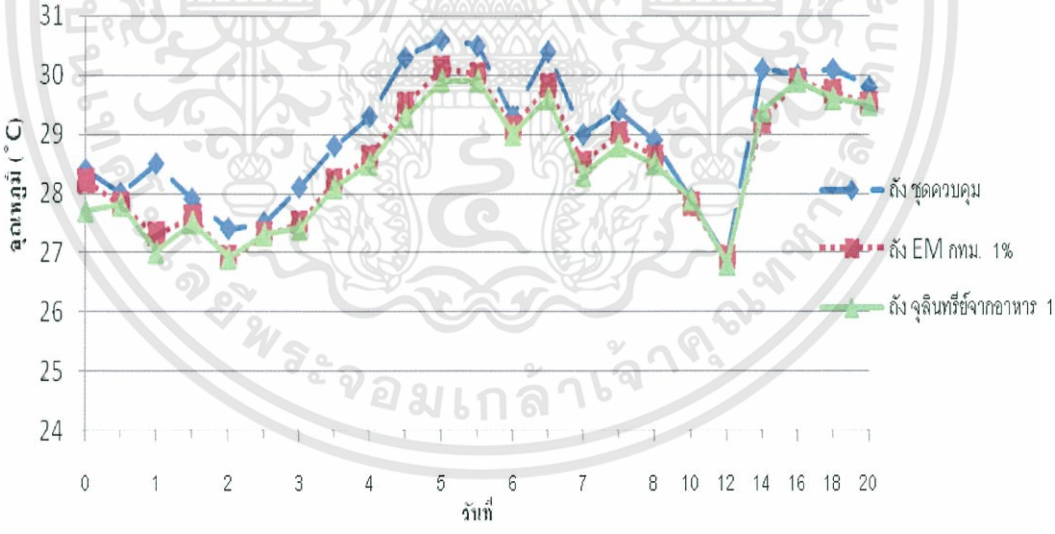
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และEM กทม. 1%

4.3.1 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)



(ก) การเปลี่ยนแปลงค่า DO ที่เวลาต่างๆ



(ข) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเสียที่เวลาต่างๆ

รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของค่า DO และอุณหภูมิของน้ำเสียที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

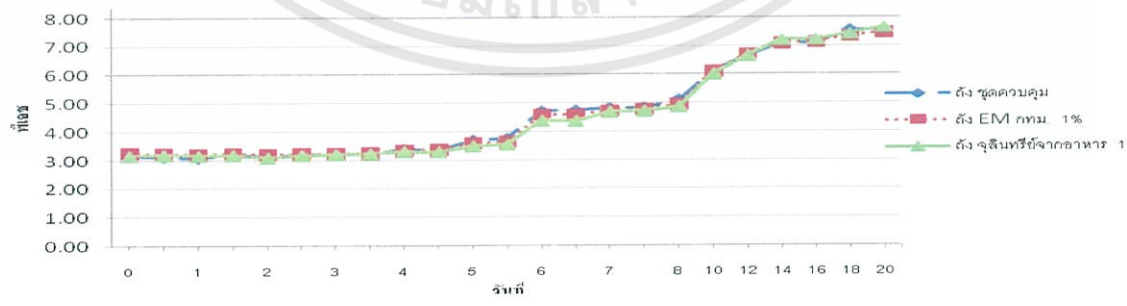
รูปที่ 4.9(ก) แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-8 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลอง พบว่า ค่า DO ในน้ำเสียมีแนวโน้มลดลง จากกราฟจะพบว่าตั้งแต่วันที่ 12-20 จะมีค่า DO อยู่ที่ประมาณ 1.00-2.00 mg/L ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่า DO ของชุดทดลองทั้งสาม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-16 – ค-17 ภาคผนวก ค)

รูปที่ 4.9(ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของ EM ที่แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-9 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลอง พบว่าสองวันแรกของการทดลอง คือ วันที่ 0-2 อุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ 27-28 °C วันที่ 3-5 อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นจนถึงประมาณ 30 °C จากนั้นวันที่ 5-12 อุณหภูมิจะมีค่าลดลงอยู่ที่ประมาณ 27 °C วันที่ 14-20 อุณหภูมิจะมีค่าสูงขึ้นอยู่ที่ประมาณ 29-30 °C เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ

เมื่อเปรียบเทียบค่า DO กับ อุณหภูมิ พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่า DO จะลดลง เนื่องจากการละลายของออกซิเจนลดลง นอกจากนี้ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำถูกใช้ไป จึงมีค่า DO ต่ำ

4.3.2 ผลการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH)

รูปที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-10 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลอง พบว่า pH มีค่าคงที่ ที่ 3-4 ในวันที่ 0-5 จากนั้นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จนมีค่า pH ประมาณ 7-8 เนื่องจากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำถูกย่อยสลายเป็นกรดอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ ทำให้ pH มีค่าเป็นกรดในช่วงแรก จากนั้นย่อยสลายกรดอินทรีย์ให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ pH มีค่าเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดการทดลองทั้งสาม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-18 – ค-19 ภาคผนวก ค)

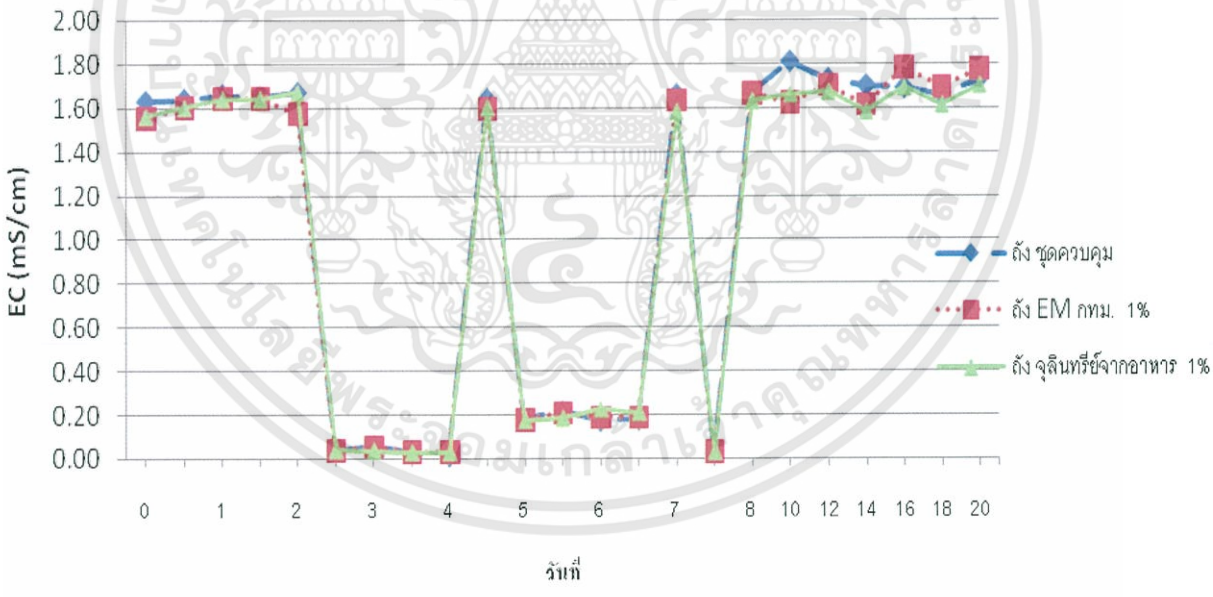


รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC)

จากรูปที่ 4.11 เป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-11 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลองพบว่าค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่าไม่คงที่ โดยที่ในช่วงสองวันแรกจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 1.60 mS/cm จากนั้นวันที่ 2-4 ค่าการนำไฟฟ้าได้ลดลงอย่างมาก อยู่ที่ประมาณ 0.02-0.05 mS/cm ในวันที่ 4 ช่วงบ่าย พบว่าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอยู่ที่ประมาณ 1.60 mS/cm และหลังจากนั้นวันที่ 5-6 พบว่าค่าการนำไฟฟ้าค่าลดลงอีกครั้งมีค่าอยู่ที่ประมาณ 0.20 mS/cm แล้วมีค่าสูงขึ้นอีกครั้งในวันที่ 7 ตอนเช้า มีค่าอยู่ที่ประมาณ 1.60 mS/cm และช่วงบ่ายค่าการนำไฟฟ้าได้ลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 0.03 mS/cm จากนั้นตั้งแต่วันที่ 8-20 ค่าการนำไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นมีค่าอยู่ที่ประมาณ 1.60-1.08 mS/cm และจากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่าการนำไฟฟ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-20 – ค-21 ภาคผนวก ค) จากผลการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าที่ไม่แน่นอนระหว่างวันที่ 2 ถึง 8 จึงสรุปได้ว่า ค่าการนำไฟฟ้าอาจไม่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในการทดลองนี้

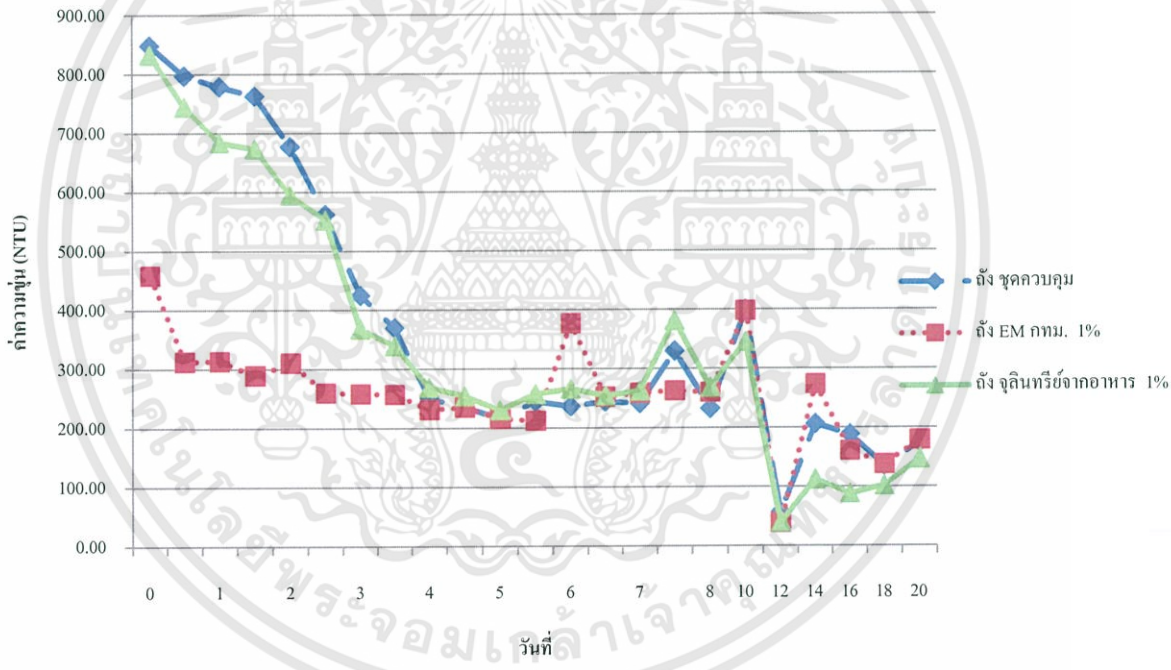


รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น

รูปที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-12 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลอง พบว่าวันแรกของการบำบัดในชุดควบคุม และชุดจุลินทรีย์จากอาหาร จะมีค่าความขุ่นมากที่สุด โดยค่าความขุ่นของน้ำเสียที่บำบัดด้วย EM กทม. 1 % จะมีค่าน้อยที่สุด และจะมีค่าลดลงเรื่อยๆจนถึงวันที่ 5 ของการทดลอง ในวันที่ 5 จะพบว่าค่าความขุ่นจะเริ่มมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชุดการทดลอง ค่าจะอยู่ที่ประมาณ 200-250 NTU จากนั้นหลังจากวันที่ 10-20 ค่าความขุ่นจะมีค่าลดลงอยู่ที่ประมาณ 100-200 NTU อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์มีการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นอาหาร และจากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่าความขุ่นของทั้ง 3 ชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-22 – ค-23 ภาคผนวก ค)

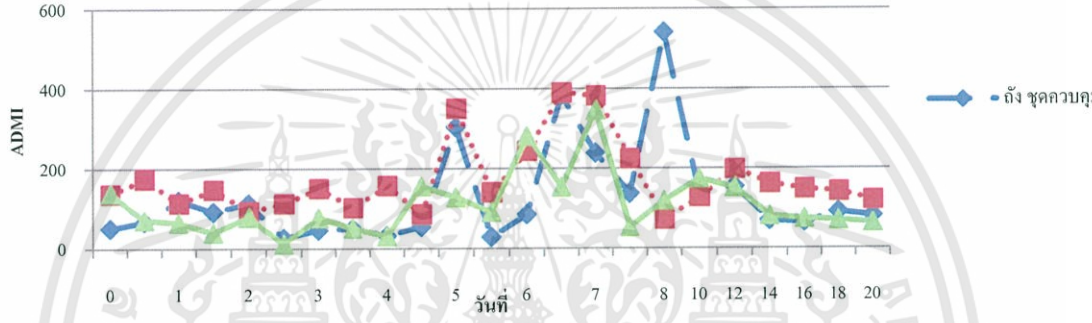


รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มสี

รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มสีที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-13 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลอง พบว่าวันที่ 0-4 มีความเข้มสีของทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 200 ADMI จากนั้นวันที่ 5-10 มีความเข้มสีของทุกชุดการทดลองในปริมาณสูง และต่อมาวันที่ 11-20 EM กทม. มีความเข้มสีมากที่สุดเท่ากับ 121 ADMI และเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร มีความเข้มสีน้อยที่สุด เท่ากับ 65 ADMI จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าความเข้มสีของทั้ง 3 ชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-24 – ค-25 ภาคผนวก ค)



รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงความเข้มสีที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

ชุดควบคุม ชุด EM กทม. ชุดเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร

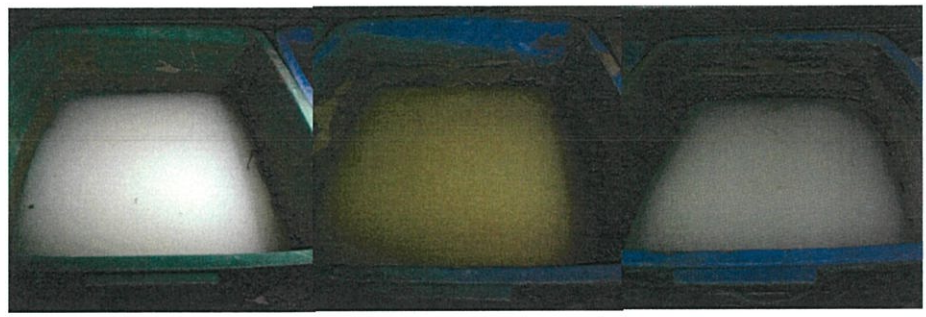
(ก) ลักษณะน้ำธรรมชาติก่อนเติมน้ำเสียและเชื้อจุลินทรีย์

ชุดควบคุม ชุด EM กทม. ชุดเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร

(ข) ลักษณะตัวอย่างน้ำเสียก่อนใส่เชื้อจุลินทรีย์

รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงความเข้มสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชุดควบคุม ชุด EM กทม. ชุดเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร

(ค) ลักษณะตัวอย่างน้ำเสียที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์วันที่ 0

ชุดควบคุม ชุด EM กทม. ชุดเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร

(ง) ลักษณะตัวอย่างน้ำเสียที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์วันที่ 6

ชุดควบคุม ชุด EM กทม. ชุดเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร

(จ) ลักษณะตัวอย่างน้ำเสียที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์วันที่ 12

ชุดควบคุม ชุด EM กทม. ชุดเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร

(ฉ) ลักษณะตัวอย่างน้ำเสียที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์วันที่ 20

รูปที่ 4.14 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงความเข้มสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

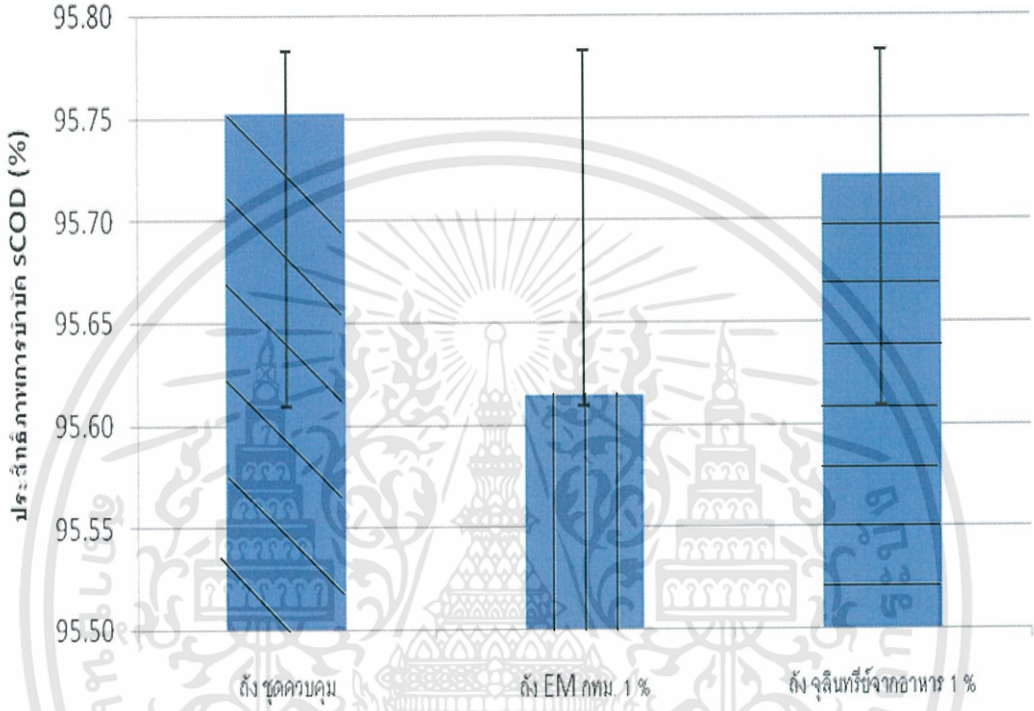
4.3.6 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า sCOD

รูปที่ 4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า sCOD ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-14 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลอง พบว่า ช่วงแรกค่า sCOD จะมีค่าลดลงเรื่อยๆจากค่าประมาณ 5,000 mg/L จนถึงวันที่ 8 ค่าจะลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 2,000-3,000 mg/L หลังจากวันที่ 8 เป็นต้นไปจากกราฟจะพบว่า sCOD จะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว โดยในวันที่ 20 จะมีค่า sCOD จะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 200 mg/L เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกจุลินทรีย์ย่อยสลาย จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่า sCOD ของทั้ง 3 ชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-26 – ค-27 ภาคผนวก ค)

รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงค่า sCOD ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด sCOD โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-15 ภาคผนวก ข) จากผลการทดลอง พบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงกัน คือ ชุดควบคุม มีค่าอยู่ที่ 95.75 % ส่วนชุดการทดลองของ EM กทม. 1% มีค่าอยู่ที่ 95.61 % และชุดการทดลองจุลินทรีย์จากอาหาร 1% มีค่าอยู่ที่ 95.72 %



รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด sCOD โดยใช้ชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ในการทดลองการบำบัดน้ำเสียครั้งนี้ เมื่อพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพการบำบัด sCOD พบว่า การทดลองทั้ง 3 ชุดการทดลองมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน นั่นคือ จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียตามธรรมชาติ จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยจุลินทรีย์จากอาหาร และ EM กทม. ไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้เป็นตัวแทนน้ำเสียชุมชนที่เกิดจากการท่วมขัง ซึ่งเตรียมตัวอย่างน้ำเสียโดยเก็บน้ำจากสระธรรมชาติใส่ถังพลาสติก จากนั้นนำเศษอาหาร เช่น ข้าว ขนมปัง ผลไม้ นมผง เป็นต้น ในสัดส่วน 1:10 (เศษอาหาร 1 กิโลกรัม ต่อน้ำสระธรรมชาติ 1 ลิตร) มาใส่ในน้ำสระธรรมชาติในแต่ละถัง พบว่า น้ำเสียมีสีขาวขุ่น มีกลิ่นเหม็น และมีเศษอาหารลอยขึ้นเหนือผิวน้ำจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-16 ภาคผนวก ข) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วเป็นเวลา 20 วัน จะมีค่า ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง (pH), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus, TP) และไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen, TN) ต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน(กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) ส่วนค่า BOD ของทุกชุดการทดลองมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-17 ภาคผนวก ข) ดังนั้นจึงต้องเพิ่มระยะเวลาในการบำบัด รวมทั้งใช้จุลินทรีย์จากแหล่งอื่นในการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ลักษณะคุณสมบัติของน้ำเสียก่อนการบำบัด และหลังการบำบัด

พารามิเตอร์	หน่วย	ชุดการทดลอง (ก่อนการบำบัด)			ชุดการทดลอง (หลังการบำบัด)		
		ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
พีเอช (pH)	-	3.21	3.23	3.21	7.55	7.65	7.46
อุณหภูมิ (Temperature)	°C	30.0	29.5	29.6	29.8	29.5	29.5
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	964.52	904.14	790.91	174.50	147.23	179.03
ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)	mg/L	3.58	3.46	3.61	1.91	2.14	2.02
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	mS/cm	1.57	1.53	1.51	1.73	1.70	1.77
ซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD)	mg/L	4756.40	5004.56	5004.56	209.08	196.42	224.93
บีโอดี (BOD)	mg/L	4083.00	3696.00	3819.00	77.85	82.50	108.30
ไนโตรเจนทั้งหมด (TN)	mg/L	3.17	3.45	3.36	12.88	13.72	16.24
น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	mg/L	556	557	554.50	76.25	155.75	120.5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	mg/L	5.37	5.31	5.67	0.63	0.73	0.74
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	mg/L	5,142	5,126	5,156	1,256	1,229	1,365
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids)	mg/L	662	654	672	130	78	136
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids)	mg/L	4,480	4,472	4,484	1,126	1,151	1,229
ความเข้มของสี	ADMI	88	11	52	82	65	121
กลิ่น	-	เหม็นเศษอาหาร	เหม็นเศษอาหาร	เหม็นเศษอาหาร	เหม็นปานกลาง	เหม็นน้อยมาก	เหม็นมาก

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการท่วมขังโดยใช้จุลินทรีย์อาหารและเปรียบเทียบกับ EM ของกทม.และจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย (ชุดควบคุม) พบว่าจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM ของกทม. 1% ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ละลายน้ำในถังควบคุม, ถังเติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM ของกทม.1% มีค่าเท่ากับ 95.74%, 95.72%, 95.61% ตามลำดับ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาบำบัดเพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรเพิ่มความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย
2) ควรศึกษาหาจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งอื่น
3) ควรทดสอบการดมกลิ่นโดยใช้ทฤษฎีการดมกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. **มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน.** [Online]. Available : www.pcd.go.th/infofile.pcd.go.th/law/ 3_79_water.pdf? CFID=4415329&CFTOKEN=96770762 วันที่สืบค้น 2 มีนาคม 2555

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. **น้ำเสียชุมชน.** [Online]. Available : www.pcd.go.th/ info_serv/ water_wt.html วันที่สืบค้น 12 กันยายน 2555

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553. **กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน.** [Online]. Available : http://www.pcd.go.th/ info_serv/reg_std_water04.html#s14 วันที่สืบค้น 12 กันยายน 2555

ไกรสร มะโน, สุภลักษณ์ พรหมรับ, เพ็ญภักดิ์ สุริยะเสน. 2550. **การศึกษาการใช้อีเอ็ม (EM) ในการบำบัดน้ำเสียที่มาจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.**ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์. 2555. **คณะวิทย์ จุฬาฯ เปิดผลทดลองอีเอ็มในห้องแลป ครั้งแรกของไทย.** [Online]. Available : http://thaipublica.org/2012/01/chula-em-laboratory-test-results/ วันที่สืบค้น 12 ตุลาคม 2555

แผนงานพัฒนานโยบายสาธารณะเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี. 2547. **EM (Effective Microorganisms)** [Online]. Available : http://www.khlong-u-taphao.com/ index.php?file=forum&obj =forum.view(cat_id=03,id=16) วันที่สืบค้น 2 ตุลาคม 2555

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2542ก. **ปริมาณน้ำเสียจากชุมชนของอาคารประเภทต่าง ๆ.** [Online]. Available : http://www2.swu.ac.th/royal/book1/b1c2t7.html วันที่สืบค้น 15 กันยายน 2555

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2542ข. **ลักษณะของน้ำเสียชุมชน.** [Online]. Available : http://www2.swu.ac.th/royal/book1/b1c2t8.html วันที่สืบค้น 15 กันยายน 2555

สายพิณ ยิ้มอ่อน. 2542. **มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม.** เพชรบุรี : โปรแกรมวิชาสังคมวิทยา คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุนทร บุญมาทัต. 2551. **ประโยชน์ของจุลินทรีย์โดยทั่วไป** [Online]. Available : http://share.psu.ac.th/blog/em2551/6872 วันที่สืบค้น 10 กันยายน 2555

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. **มอก. 1219 2547 แหนม** [Online]. Available : http://www2.dede.go.th/tis54/fulltext/TIS1219-2547.pdf วันที่สืบค้น 2 กันยายน 2555

อรตี รอดเจริญ. 2542. **การแยกเชื้อและลักษณะของเชื้อ *pediococcus spp.* จากอาหารหมักดองพื้นบ้านของไทย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

APHA, AWWA and WEF. 2012. **Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater**. 22nd Edition United Book Press, Maryland.

Ngamau, C.N., Matiru1, V.N., Tani, A., Muthuri, C.W., 2012. **Musa bacteria**. [Online]. Available : http://www.academicjournals.org/ajmr/PDF/Pdf2012/6Sept/ Ngamau% 20et%20al.pdf วันที่สืบค้น 13 ตุลาคม 2555

Harish, S., Kavino, M., Kumar, N., Saravanakumar, D., Soorianathasundaram, K., Samiyappan, R. 2008. Biohardening with plant growth promoting rhizosphere and endophytic bacteria induces systemic resistance against Banana bunchy top virus. **Appl. Soil Ecol**. 39(2): 187-200.

Master, C.O. 1974. **Encyclopedia of the water**.T.F.H.pudlications.Inc.Ltd.New Jersey,U.S.A.

Martinez, L., Caballero-Mellado, J., Orozco, J., Martinez-Romero, E. 2003. Diazotrophic bacteria associated with banana (*Musa* spp.). **Plant Soil** 257: 35-47.

Metcalf and Eddy. 1991. **Wastewater Engineering: Treatment and Disposal**, 3d ed., revised by G. Tchobanoglous and F. Burton. McGraw Hill, Inc., NY.

Nationchannel. 2554. **ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ**. [Online]. Available : http://77.nationchannel.com/home/194148/ วันที่สืบค้น 22 ตุลาคม 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nieisen, J.W., Dickson, J.S., Crouse, J.D. 1990. Use of Bacteriocin produced by *Pediococcus acidilactici* to inhibit *Listeria monocytogenes* associated with fresh meat. **Appl. Environ. Microbiol**. 56: 2142-2145.

Rosenblueth, M., Martinez, L., Silva, J., Martinez-Romero, E. 2004. *Klebsiella variicola*, a novel species with clinical and plant-associated isolates. **Syst. Appl. Microbiol**. 27: 27-35.

Ting, A.S.Y., Meon, S., Kadir, J., Radu, S., Singh, G. 2008. Endophytic microorganisms as potential growth promoters of banana. **BioControl** 53: 541-553.

Weber, O.B., Baldani, V.L.D., Teixeira, K.R.S., Kirchhof, G., Baldani, J.I., Dobereiner, J. 1999. Isolation and characterization of diazotrophic bacteria from banana and pineapple plants. **Plant Soil** 210: 103-113.

Weber, O.B., Cruz, L.M., Baldani, J.I., Dobereiner, J. 2001. Herbaspirillum-like bacteria in banana plants. **Braz. J. Microbiol**. 32: 201-205.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมสารเคมีและวิธีการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย

ก-1 การวิเคราะห์หาซีโอดีด้วยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed Reflux Titrimetric Method)

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดย่อยสลาย (Digestion vessels) ใช้แก้วที่ทำด้วยโบโรซิลิเคต (Borosilicate culture tubes) ขนาด 16 × 100 มิลลิเมตร ที่มีฝาเกลียว ชนิดทีเอฟอี (Tetrafluoroethylene; TFE)

2. บล็อคฮีทเตอร์ (Block heater) หรือตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 150 ± 2 °C การใช้ตู้อบต้องแน่ใจว่าการอบ 2 ชั่วโมงที่ 150 °C จะไม่ทำให้ฝาหลอดแก้วถูกทำให้เสียหาย

2) สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตสำหรับย่อยสลาย (Standard potassium digestion solution) 0.1 นอร์มัล

- นำ $K_2Cr_2O_7$ อบแห้งใน 103 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก $K_2Cr_2O_7$ มา 4.913 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 167 มิลลิลิตร และเติมเมอร์คิวรีซัลเฟต 33.3 กรัม ทิ้งให้ละลายและปล่อยให้เย็นจึงเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

2. สารละลายกรดซัลฟิวริกที่เติมซิลเวอร์ซัลเฟต

- ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag2SO4) 22 กรัม ลงในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 ลิตร ทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมด ก่อนนำไปใช้ต่อไป

3. สารละลายเฟอร์โรอีนอินดิเคเตอร์

- ละลาย (1, 10 - phenan throline monohydrate $C_{12}H_{18}N_2H_2O$) 1.485 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติมเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.1 นอร์มัล 1 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

4. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.05 นอร์มัล

- ละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $(Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O)$ 19.6 กรัมในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร แล้วเจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

- ต้องนำไปหาความเข้มข้นที่แน่นอนกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต โดยปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 0.1 นอร์มัล 5.0 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปกรวย เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วจึงค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็น เติมเฟอโรอีน 2-3 หยด แล้วไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.05 นอร์มัล จนได้สีน้ำตาลแดงเป็นจุดยุติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 ปริมาตรตัวอย่างน้ำและสารเคมีสำหรับหลอดแก้วขนาดต่าง ๆ

ขนาดหลอดย่อยสลาย	ปริมาตรน้ำ (มล.)	ปริมาตรสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตสำหรับย่อยสลาย (มล.)	สารละลายกรดซัลฟูริก (มล.)	ปริมาตรรวม (มล.)
หลอดแก้ว				
16×100 มม.	2.5	1.5	3.5	7.5
20×150 มม.	5.0	3.0	7.0	15.0
25×150 มม.	10.0	6.0	14.0	30.0
หลอดมาตรฐาน 10 มล.	2.5	1.5	3.5	7.5

3) การทดลอง

1. ล้างหลอดแก้วและฝาด้วยกรดซัลฟูริก 20 % ก่อนใช้ทุกครั้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อน

2. หลอดแก้วที่ใช้หาซีโอดีหลายขนาด การเลือกใช้ขึ้นกับค่าซีโอดีที่มีในตัวอย่างน้ำ ในกรณีค่าซีโอดีต่ำ ๆ (< 50 มิลลิกรัมต่อลิตร) ให้ใช้หลอดแก้วขนาด 25 × 150 มิลลิเมตร (ปริมาณตัวอย่างน้ำ 10 มล.) ถ้าค่าซีโอดีสูง ใช้ตัวอย่างน้ำในปริมาณน้อยจึงใช้หลอดแก้วขนาดเล็ก 16 × 100 มิลลิเมตร (ปริมาณน้ำตัวอย่าง 2.5 มล.) โดยปกติจะใช้หลอดมาตรฐานที่มีความจุสูงสุด 10 มิลลิลิตร หรือขนาด 16 × 100 มิลลิเมตร เพราะใช้สารเคมีน้อยที่สุด ดังนั้นตัวอย่างน้ำที่มีค่าซีโอดีต่ำมาก ๆ มักจะมีค่าผิดพลาดเนื่องจากตัวอย่างน้ำน้อยเกินไป ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าสูงมากก็ให้เจือจางตัวอย่างน้ำก่อน

3. เมื่อเลือกขนาดหลอดแก้วแล้วให้ใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 2.5 มิลลิลิตร โดยเติมตัวอย่างน้ำลงหลอดแก้วแล้วเติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตโดยปิเปต 1.5 มิลลิลิตร สำหรับย่อยสารละลาย ค่อยเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก 3.5 มิลลิลิตร ให้เกิดชั้นกรดอยู่ในแก้ว ปิดฝาให้แน่นพอดี แล้วกลับไปมาเพื่อให้สารละลายผสมกันดี

4. นำหลอดแก้วใส่ลงในฮีทติ้งบล็อคหรือตู้อบที่อบ 150 °C แล้วอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำหลอดแก้ววางลงในขาตั้ง

5. เมื่อครบ 2 ชม. แล้ว นำออกจากตู้อบ ปล่อยทิ้งให้เย็น

6. เทสารละลายออกจากหลอดแก้วลงในขวดรูปกรวย ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมด แล้วเทรวมลงในขวดรูปกรวย เติมเฟอโรอีนอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด แล้วไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน FAS สีของสารละลายจะค่อยๆ เปลี่ยนจากเหลืองไปเป็นสีน้ำตาลแดง ซึ่งเป็นจุดยุติ จดปริมาณ FAS ที่ใช้ไตเตรท

7. ทำแบลงค์ด้วยทุกครั้งโดยใช้สารเคมีและน้ำกลั่นปริมาตรเท่ากับตัวอย่างน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การคำนวณ

$$\text{ซีโอดี (มก.}O_2\text{ /ล.)} = \frac{(B - S) \times N \times 8000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มล.)}}$$

โดยที่ B = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไทเทรตแบลงค์ (มล.)

S = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่างน้ำ (มล.)

N = ความเข้มข้นของ FAS (นอร์มัล)

ตัวอย่างการคำนวณ

สมมติปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไทเทรตแบลงค์เท่ากับ 5.45 มล.

สมมติปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่างเท่ากับ 3.20 มล.

ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้ 5 มล.

ความเข้มข้นที่แน่นอนของ FAS เท่ากับ 0.0487 นอร์มัล

จะได้ค่าซีโอดี $= \frac{(5.45 - 3.20) \times 0.0487\ N \times 8000}{5\ \text{มล.}}$

$= 175.32\ \text{mg}\ O_2\ /L$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-2 การวิเคราะห์หาปริมาณบีโอดี

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ± 1 °C
2. เครื่องเติมอากาศ
3. ตู้บ่มที่ควบคุมอุณหภูมิได้ 20 ± 1 °C และไม่มีแสงเข้าภายใน
4. ขวดบีโอดีพร้อมจุก ขนาดมาตรฐาน 300 มิลลิลิตร
5. กระบอกตวงขนาด 1000 มิลลิลิตร
6. แท่งแก้วสำหรับการเจือจางน้ำตัวอย่าง
7. เครื่องวัด DO แบบเมมเบรน อิเล็กโทรด
8. เครื่องแก้วอื่น ๆ

2) สารเคมี

1. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เตรียมโดยละลาย Anhydrous $CaCl_2$ 27.5 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1 ลิตร

2. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ เตรียมโดยละลาย $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 0.25 กรัมในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1 ลิตร

3. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมโดยละลาย $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 22.5 กรัมในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1 ลิตร

4. สารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต พีเอช 7.2 ละลาย KH_2PO_4 8.50 กรัม K_2HPO_4 21.75 กรัม $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ 33.40 กรัม และ NH_4Cl 1.70 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

5. น้ำกลั่น (ต้องมีทองแดงน้อยกว่า 0.1 มิลลิลิตรต่อลิตร)

กรณีที่ต้องเจือจางน้ำตัวอย่าง ต้องทำการเจือจางน้ำตัวอย่างเอง โดยนำน้ำกลั่นมาแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 20 °C และพ่นอากาศก่อนทำการเจือจางอย่างน้อย 1 ชั่วโมง และเติมสารเคมีข้อ 1 - 4 อย่างละ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร

6. หัวเชื้อ

7. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัมในน้ำและปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1 ลิตร

8. สารละลายกลูโคสและกรดกลูตามิค นำกลูโคส และกรดกลูตามิคไปอบแห้งที่ 105 °C นาน 1 ชั่วโมง นำไปใส่เดซิเคเตอร์ เมื่อเย็นชั่งอย่างละ 150 มิลลิกรัมนำไปละลายในน้ำกลั่น และใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดลอง

นำน้ำที่ใช้ในการเจือจาง ชุดควบคุม (Blank set)

1. บรรจุน้ำที่ใช้ในการเจือจางลงขวดบีโอดี 2 ขวดให้เต็มขวดด้วยวิธีกาลักน้ำ และให้ไหลรินลงตามคอขวด ไม่ให้มีฟองอากาศตกค้างในขวด แล้วปิดจุกแก้ว

2. ขวดที่ 1 ทำการวัดค่าดีโอทันที เป็นค่า DO_0

3. ขวดที่ 2 นำไปบ่มที่ 20 °C เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่า DO เป็น DO_5 ขณะที่บ่มต้องมีน้ำหล่อบนฝาจุกแก้วและปิดจุกพลาสติกครอบที่จุกแก้วอีกครั้ง เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำที่หล่อเหนือจุกแก้ว

4. ค่า DO_0 - DO_5 ต้องมีค่าน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้ามากกว่าแสดงว่ามีผลต่อความถูกต้องในการวัด

<u>สารละลายมาตรฐานกลูโคสและกรดกลูตามิค</u>

1. ใช้ในการเจือจางโดยตรง ปิเปตสารละลายกลูโคสและกรดกลูตามิค มา 5 มิลลิลิตร ลงในขวดบีโอดี เติมน้ำที่ใช้ในการเจือจางลงไป 3 ขวด ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศภายในเช่นเดียวกับการบรรจุน้ำที่ใช้ในการเจือจาง

2. คว่ำขวดสลับหงายขวดให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกันทั่วทั้งขวด เติมน้ำที่ใช้สำหรับการเจือจางหล่อไว้ที่จุกแก้วด้วย

3. วัดค่าดีโอขวดที่ 1 ทันทีเป็นค่า DO_0

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

5. คำนวณหาค่า บีโอดี

<u>น้ำตัวอย่าง</u>

1. เก็บน้ำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มายังห้องปฏิบัติการ แล้วบันทึกข้อมูลแหล่งที่เก็บตัวอย่างน้ำโดยละเอียด

2. ตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพ เช่น สี ความขุ่น กลิ่น ค่าพีเอช ข้อมูลของแหล่งน้ำ เพื่อตัดสินใจเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเจือจางว่าควรเจือจางเท่าไร

3. เตรียมน้ำตัวอย่างตามทฤษฎี เช่น การปรับพีเอช การกำจัดคลอรีนตกค้าง การเจือจาง หรืออื่นๆ จากนั้นจึงถ่ายน้ำลงขวดบีโอดีตามวิธี ชุดละ 3 ขวด โดยขวดที่ 1 หาค่า DO_0 ทันที อีก 2 ขวดนำไปบ่มที่ 20 °C ไว้สำหรับหาค่า DO_5 กรณีที่ไม่ต้องเจือจาง

4. กรณีที่ต้องทำเจือจางต้องทำ 3 ชุดของความเข้มข้น ดูจากตารางที่ ก-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 การเลือกเจือจางน้ำตัวอย่างให้เหมาะสมในการหาค่า BOD

เมื่อใช้ % ของผสม		เมื่อใช้การเจือจางโดยตรง	
% ของผสม	ช่วงค่าบีโอดี	ปริมาตรน้ำตัวอย่าง	ช่วงค่าบีโอดี
0.01	20000 – 70000	0.01	30000 - 105000
0.02	10000 – 35000	0.02	12000 - 42000
0.05	4000 – 14000	0.10	6000 - 21000
0.1	2000 – 7000	0.2	3000 - 10500
0.2	1000 – 3500	0.5	1200 - 4200
0.5	400 – 1400	1.0	600 - 2100
1.0	200 – 700	2.0	300 - 1050
2.0	100 – 350	5.0	120 - 420
5.0	40 – 140	10.0	60 - 210
10.0	20 – 70	20.0	30 - 105
20.0	10 – 35	50.0	12 - 42
50.0	4 – 14	100	6 - 21
100	0 – 7	300	0 - 7

- ให้เติมน้ำที่ใช้สำหรับการเจือจางลงในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตรด้วยวิธีกาลักน้ำลงประมาณ 500 มิลลิลิตร ปิเปตน้ำตัวอย่างตามตารางด้านบน โดยจุ่มปลายปิเปตลงใต้ผิวน้ำ
- ทำการเติมน้ำสำหรับการเจือจางให้ไหลรินตามข้างกระบอกตวงจนถึง 1 ลิตร
- ใช้แท่งแก้วคนขึ้นลงเบา ๆ ให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เทลงขวดบีโอดีให้ไหลรินลงตามคอขวดจนเต็ม ห้ามให้มีฟองอากาศ เมื่อปิดจุกต้องมีน้ำหล่อค้างอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การคำนวณ

การคำนวณหาค่าบีโอดี กรณีที่มีการเจือจาง ชุดความเข้มข้นที่เจือจางนั้น ค่า DO_5

$$\text{บีโอดี (มก.}O_2\text{/ล.)} = \frac{(D_1-D_2) - (S_1-S_2)}{P}$$

โดยที่

$D_1 = DO_0$ ของตัวอย่าง

$D_2 = DO_5$ ของตัวอย่าง

$S_1 = DO_0$ ของหัวเชื้อ

$S_2 = DO_5$ ของหัวเชื้อ

P = สัดส่วนที่ทำการเจือจาง

ตัวอย่างการคำนวณ

สมมติ DO_0 ของตัวอย่างเท่ากับ 9.13 mg/L

สมมติ DO_5 ของตัวอย่างเท่ากับ 4.27 mg/L

สมมติ DO_0 ของหัวเชื้อเท่ากับ 9.23 mg/L

สมมติ DO_5 ของหัวเชื้อเท่ากับ 6.83 mg/L

สัดส่วนที่ทำการเจือจางคือใช้น้ำตัวอย่าง 50 มล.

จะได้ค่าบีโอดี $= \frac{(9.13 - 4.27) - (9.23 - 6.83)}{(50/1000)}$

$= \frac{(4.86 - 2.40)}{0.05}$

$= 49.2$ mg O_2 /L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก - 3 การวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด (TS)

1) เครื่องมือและ อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้อง (Porcelain) เส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มม.
2. กระบอกตวง ขนาด 00 มิลลิลิตร
3. เครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง
4. เครื่องอังไอน้ำ (water bath)
5. ตู้อบ (oven)
6. โถดูดความชื้น (Desiccators)

2) การทดลอง

1. นำถ้วยระเหยไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชม.ปล่อยทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง

2. เมื่อจะใช้ นำถ้วยระเหยมาชั่งน้ำหนัก สมมติมีน้ำหนัก A กรัม

3. เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันอย่างดี เทตัวอย่างน้ำที่ทราบปริมาณแน่นอนลงในถ้วยระเหยนี้ (การเลือกปริมาณตัวอย่างน้ำ ควรเลือกให้เหมาะสมโดยพิจารณาจากลักษณะน้ำและแหล่งที่มา) นำไประเหยบนเครื่องอังน้ำที่ปรับอุณหภูมิไว้ที่ 100 °C จนแห้ง ปริมาตรตัวอย่างที่พอเหมาะ ควรเหลือกากแห้งภายหลังการอบอยู่ในช่วง 10-200 มก.

4. ปล่อยทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่งน้ำหนัก สมมติมีน้ำหนัก B กรัม

5. ควรทำข้อ 3-4 ซ้ำ จนได้น้ำหนักคงที่ หรือจนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยกว่า 4% ของน้ำหนักหนก่อนหรือประมาณ 0.5 มก.

3) การคำนวณ

$$TS\ (mg/L) = \frac{(B-A) \times 10^6}{C}$$

A = น้ำหนักถ้วยระเหยอย่างเดียว (g)

B = น้ำหนักถ้วยระเหยและของแข็ง (g)

C = ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก - 4 การวิเคราะห์ของแข็งละลายน้ำ (TDS)

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้อง (Porcelain) เส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มม.
2. กระบอกตวง ขนาด 00 มิลลิลิตร
3. เครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง
4. เครื่องอังไอน้ำ (water bath)
5. ตู้อบ (oven)
6. โถดูดความชื้น (Desiccators)
7. กระดาษกรอง GF/C (Glass Fiber Filter) เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.7 ซม.
8. ชุดกรองบุชเนอร์
9. เครื่องดูดสุญญากาศ
10. กระจกนาฬิกา

2) การทดลอง

1. การกรองตัวอย่าง ต่อสายยางระหว่างปลายท่อดูดของเครื่องดูดและของขวดกรอง วางกระดาษกรอง GF/C บนกรวยบุชเนอร์ เปิดเครื่องดูดสุญญากาศ ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ครั้งละ 20 มล. และปล่อยให้ดูดน้ำออกจากกระดาษกรองจนหมด ทิ้งน้ำล้างไป นำตัวอย่างน้ำมาเขย่าให้เข้ากันอย่างดี มากรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ที่เตรียมไว้ ให้กรองให้มากกว่าปริมาตรที่เลือกใช้ที่จะนำไประเหย (จะใช้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองจากการหาค่าของแข็งแขวนลอยก็ได้)

2. ทำต่อเช่นเดียวกับการหาค่าของแข็งทั้งหมด หัวข้อ ก -3

3. สามารถหาค่าของแข็งละลายทั้งหมดได้อีกทางหนึ่งคือ หาค่าของแข็งทั้งหมดและของแข็งแขวนลอยทั้งหมด นำมาลบกันผลต่างที่ได้คือ ค่าของแข็งละลายทั้งหมด

3) การคำนวณ

$$\text{TDS (mg/L)} = \frac{(B-A) \times 10^6}{C}$$

A = น้ำหนักถ้วยระเหยอย่างเดียว (g)

B = น้ำหนักถ้วยระเหยและของแข็ง (g)

C = ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก - 5 การวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. โถทำแห้ง
2. ตู้อบ
3. เครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง
4. กระดาษกรอง GF/C ขนาด 4.7 ซม.
5. ชุดกรองบุชเนอร์
6. เครื่องดูดสุญญากาศ
7. ถ้วยระเหย
8. ปากคีบ

2) การทดลอง

1. นำกระดาษกรอง GF/C ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ซม. ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง

2. ชั่งกระดาษกรอง GF/C สมมติมีน้ำหนัก A กรัม วางบนถ้วยระเหย

3. ต่อชุดเครื่องมือสำหรับกรอง ใช้ปากคีบหยิบกระดาษกรอง GF/C วางบนกรวยบุชเนอร์ เปิดเครื่องดูดสุญญากาศ ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งติดต่อกัน โดยใช้ครั้งละ 20 มล. เปิดเครื่องดูดสุญญากาศต่อให้ดูดน้ำออกจนแห้ง ทิ้งน้ำล้างไป

4. เลือกปริมาณตัวอย่างน้ำที่จะใช้ โดยพิจารณาจากลักษณะน้ำ ถ้าน้ำขุ่นมีของแข็งแขวนลอยมาก ควรใช้ปริมาณน้อยๆ แต่ถ้าน้ำใสควรใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เขย่าตัวอย่างให้เข้ากันอย่างดี เทตัวอย่างที่ทราบปริมาณลงกรองโดยค่อยๆ เททีละน้อยอย่างต่อเนื่องจนหมด ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างภาชนะที่ใช้ตวงตัวอย่าง เทลงกรอง และฉีดน้ำกลั่นที่ด้านข้างของกรวยบุชเนอร์รวมทั้งบนกระดาษกรอง GF/C ปล่อยให้เครื่องดูดสุญญากาศดูดน้ำออกจนแห้ง ปิดเครื่อง

5. ใช้ปากคีบหนีบขอบกระดาษกรองขึ้นวางบนถ้วยระเหย นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 °C อย่างน้อยเป็นเวลา 1 ชม. นำออกจากตู้อบปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง สมมติมีน้ำหนัก B กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การคำนวณ

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(B-A) \times 10^6}{C}$$

A = น้ำหนักกระดาษอย่างเดียว (g)

B = น้ำหนักกระดาษและของแข็ง (g)

C = ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก -6 การวิเคราะห์ปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจน (TKN)

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดเจลดาลห์ ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เตาให้ความร้อน
3. ชุดกลั่น

2) สารเคมี

1. โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc.H_2SO_4) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Lab-Scan Analytical Science ประเทศไทย
3. ปรอทออกไซด์ (HgO red) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Lab-Scan Analytical Science ประเทศไทย
4. โซเดียมไฮด์ดรอกไซด์ (NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Lab-Scan Analytical Science ประเทศไทย
5. โซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
6. ฟีนอฟทาลีนอินดิเคเตอร์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Lab-Scan Analytical Science ประเทศไทย

3) การเตรียมสารเคมี

1. น้ำยาย่อยสลาย: ละลาย $K_2Cr_2O_7$ 134 กรัม น้ำกลั่น 650 มิลลิลิตร แล้วเติมปรอทซัลเฟต 25 มิลลิลิตร (เตรียมจาก HgO red 8 กรัม ในกรดซัลฟูริก 6 N จำนวน 100 มิลลิลตร) นำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ปรับบปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C เพื่อป้องกันการตกผลึก

2.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟต: ละลาย NaOH 500 กรัมและ $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 25 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) วิธีการทดลอง

1. การเลือกน้ำตัวอย่าง (ขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์ในโตรเจนที่คาดว่ามีเจือปนในน้ำเสีย)

ตารางที่ ก-3 ความสัมพันธ์ปริมาณอินทรีย์ในโตรเจนกับปริมาณน้ำตัวอย่าง

Organic-N ในน้ำเสีย (mg/L)	ปริมาณน้ำตัวอย่าง(ml)
0-1	500
1-10	250
20-50	50
50-100	25

2. นำน้ำตัวอย่างซึ่งมีปริมาตรดังข้อ 1 เติมน้ำยาย่อยสลาย 50 มิลลิลิตร ต้มจนสารละลายใส หรือมีสีฟางข้าว ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

3. หยดฟีนอฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเติมน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟต 50 มิลลิลิตร จะเกิดเป็นชั้นต่างอยู่ที่ก้นขวด

4. นำไปต่อกับเครื่องกลั่นแล้วผสมให้เข้ากัน สีของสารละลายจะเป็นสีชมพูอ่อนถ้ายังไม่มีให้เติมน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟตลงไปอีก

5. นำตัวอย่างที่ย่อยสลายแล้วมาต่อกับเครื่องกลั่นโดยให้ส่วนที่กลั่นออกมาอยู่ในสารละลายกรดบอร์ริกที่เติมอินดิเคเตอร์ 50 มิลลิลิตรกลั่นจนได้ปริมาตรสาร 200-250 มิลลิลิตร

6. ทำแบลงค์เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนในน้ำกลั่นโดยทำเช่นเดียวกันกับการหาในตัวอย่าง ยกเว้นไม่ต้องนำไปย่อย

7. นำส่วนที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 N เมื่อถึงจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อนการคำนวณทำเช่นเดียวกันกับการหาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การคำนวณ

$$\text{TKN (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 280}{\text{ml sample}}$$

เมื่อ A = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้กับน้ำตัวอย่าง (ml)

B = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้กับแบงค์ (ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก – 7 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตด้วยวิธี

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์
2. เครื่องแก้วที่ล้างด้วยกรด

2) สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟธาลีนอินดิเคเตอร์
2. สารละลายกรด HCl 1+1
3. ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)
4. สารละลายแวนนาเดต-ลิบเดต

ละลาย Ammonium Molybdate $(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$ จำนวน 2.5 กรัม ในน้ำกลั่น 300 มล. และละลาย Ammonium Metavandate (NH_4VO_3) จำนวน 1.25 กรัม โดยต้มให้เดือดในน้ำกลั่น 300 มล. ทิ้งให้เย็น และเติมกรดเกลือเข้มข้น 330 มล. ทิ้งให้เย็น จากนั้นนำสารละลายทั้งสองมาผสมให้เข้ากันและเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

5. สารละลายสต๊อคฟอสเฟต

ละลาย Anhydrous KH_2PO_4 219.5 มก. ในน้ำกลั่นและเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

3) การทดลอง

1. ใช้ขนาดตัวอย่าง 35 มล. หรือน้อยกว่าใส่ในขวดตวงขนาด 50 มล. (ตัวอย่างที่ใช้นี้จะมีฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.05-10 มก. P)

2. เติมสารละลายแวนนาเดต-โมลิบเดต 10 มล. และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50 มล. เตรียมแบลงค์ น้ำกลั่น 35 มล. และทำเช่นเดียวกัน

3. ทิ้งไว้ 10 นาทีหรือนานกว่าจะได้สีเหลืองเกิดขึ้น วัดความเข้มข้นสีของสารละลายที่ 400-490 nm เปรียบเทียบกับแบลงค์

4. เตรียมกราฟมาตรฐานโดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 0, 2, 5, 10, 30 และ 40 มล. ทุกขวดจะได้อนุกรมของฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 0, 2, 5, 10, 30 และ 50 ไมโครกรัม ตามลำดับ นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่างและแบลงค์

4) การคำนวณ

$$\text{ฟอสเฟต (mg.P/L)} = \frac{\text{ไมโครกรัมฟอสเฟตที่อ่านได้จากกราฟ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มล.)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-8 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันและน้ำมัน

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กรวยแยก ขนาด 500 มล.
2. ถ้วยระเหย
3. เครื่องอังไอน้ำ
4. กระดาษกรองขนาด 11 ซม. เบอร์ 40
5. อุปกรณ์เครื่องแก้ว
6. เครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง

2) สารเคมี

1. กรดกำมะถันเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)
2. เฮกเซน (n – Hexane) หรือฟรีออน
3. โซเดียมซัลเฟต ปราศจากน้ำ (Sodium Sulfate Anhydrous)

3) การทดลอง

1. เทตัวอย่างน้ำปริมาตร 200 มล. ใส่บีกเกอร์ขนาด 600 มล. เติมกรดกำมะถันเข้มข้นจนพีเอชน้อยกว่า 2

2. เทตัวอย่างน้ำจากบีกเกอร์ใส่กรวยแยก เติมเฮกเซนจำนวน 30 มล. เขย่าอย่างแรงประมาณ 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ สารผสมจะแยกชั้น ชั้นเฮกเซนจะอยู่ส่วนบน ส่วนตัวอย่างน้ำจะอยู่ส่วนล่าง

3. ถ่ายชั้นตัวอย่างน้ำลงในบีกเกอร์เดิม เพื่อนำมาสกัดอีก

4. ถ่ายชั้นของเฮกเซนซึ่งมีไขมันและน้ำมันละลายอยู่ ผ่านกรวยกรองที่มีโซเดียมซัลเฟตบนกระดาษกรองในถ้วยระเหยซึ่งได้ทำให้แห้ง และมีน้ำหนักคงที่ และได้ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว สมมุติเป็น A กรัม

5. ทำการสกัดซ้ำ ด้วยวิธีเดียวกันอีกหลายๆครั้ง จนกระทั่งไขมันและน้ำมันถูกสกัดออกจากตัวอย่างหมด

6. นำถ้วยระเหยซึ่งมีเฮกเซนและไขมันและน้ำมันละลายอยู่ ไประเหยเอาเฮกเซนออกบนเครื่องอังไอน้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้งปราศจากความชื้น แล้วปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก สมมุติเป็น B กรัม

หมายเหตุ หากชั้นของตัวทำละลายมีน้ำปนอยู่ ให้ถ่ายเฮกเซนที่มีน้ำมันและไขมันลงบีกเกอร์ขนาด 100 มล. ใส่โซเดียมซัลเฟตลงไป จนสารละลายใส หรือโซเดียมซัลเฟตจับตัวกลับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ้งไปกลิ้งมาไม่เหลว แล้วควรใส่โซเดียวซัลเฟตบนกระดาษกรองด้วย จากนั้นจึงเทตัวทำละลายที่ใสผ่านกระดาษกรอง เพื่อให้อิมัลชั่นแตกออกและให้โซเดียมซัลเฟตจับกับน้ำ

4) การคำนวณ

$$\text{น้ำมันและไขมัน (มก. /ล.)} = \frac{(B - A) \times 10^6}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (ml)}}$$

ข้อเสนอแนะ ควรใช้โซเดียมซัลเฟตให้มากเกินพอในการจับกับน้ำเพื่อไม่ให้มีน้ำปนอยู่ในถ้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก - 9 การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี spread plate

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจนับ
2. อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว หลอมเหลว 50°C
3. petri dish ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ
4. จานอาหาร NA หรือ MYที่ผ่านการฆ่าเชื้อ
5. น้ำกลั่นปริมาตร 9 มล. บรรจุในหลอดทดสอบผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
6. ปิเปต 1 มล. ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
7. แท่งแก้วรูปตัว L 1 อัน และ แอลกอฮอล์

2) การทดลอง

1. ทำการเจือจางตัวอย่าง $1:10^3$ และ $1:10^4$ ด้วยน้ำกลั่น
2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ (ผ่านการฆ่าเชื้อและหลอมเหลวแช่อยู่ในอ่างน้ำอุณหภูมิ 50 °C) ลงในจาน ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว
3. ดูดเชื้อที่ระดับการเจือจาง $1:10^3$ ปริมาตร 0.1 มล. ใส่ลงในจานอาหาร NA ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ทำ 2 จาน
4. ใช้แท่งแก้วรูปตัว L ที่ฆ่าเชื้อแล้วเกลี่ยเชื้อให้กระจายทั่วผิวหน้าอาหาร โดยให้เกลี่ยหลายๆครั้งจนกว่าจะแห้ง
5. ดูดเชื้อที่ระดับการเจือจาง$1:10^4$ ทำเช่นเดียวกับข้อ 3
6. นำไปบ่มที่ 35 °C เป็นเวลา 24-48 ชม
7. ให้เลือกจานอาหารที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ประมาณ 30-300 โคโลนี แล้วนับจำนวนจากจานอาหารที่ระดับการเจือจางนั้น หาค่าเฉลี่ยบนจำนวนจานอาหารทั้ง 2 แล้วคำนวณหาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ต่อมล.ของตัวอย่าง

3) การคำนวณ

$$\text{CFU/g} = \frac{(\text{จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ต่อ มล.ของตัวอย่าง} \times \text{Dilution factor}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใส่ใน Plate}}$$

Dilution factor คือ เจือจาง 10^{-3} เท่า เวลาคูณ คือใช้ 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก -10 การวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอ (APHA, 2005)

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
2. ฟิลเตอร์ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร
3. เซลล์วัดแสงที่มีช่วงแสง 10 มิลลิเมตร

2) สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางสำหรับปรับพีเอช
2. โพแทสเซียมคลอโรแพลตติเนต (K_2PtCl_6)

โพแทสเซียมคลอโรแพลตติเนต (K_2PtCl_6) จำนวน 1.246 กรัมในน้ำกลั่น เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 100 มิลลิลิตร และโคบอลต์ (II) คลอไรด์เฮกซิไฮเดรต ($CoCl_2.6H_2O$) 1.000 กรัม และเจือจางจนได้ปริมาตร 1.000 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร ซึ่งจะมีหน่วยสีเท่ากับ 500 ADMI

3) การทดลอง

1. ทำการกรองตัวอย่างน้ำ ด้วยฟิลเตอร์ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร
2. นำไปวัดค่า %T ที่ความยาวคลื่นด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ตามตารางที่ ก-1

ตารางที่ ก-4 การวัดหาค่า %T ที่ความยาวคลื่นต่างๆ

Coordinate No.	Wavelength (nm)		
	X	Y	Z
2	435.5	489.5	422.2
5	461.2	515.2	432.0
8	544.3	529.8	438.6
11	564.1	541.4	444.4
14	577.4	551.8	450.1
17	588.7	561.9	455.9
20	599.6	572.5	462.0
23	610.9	584.8	468.7
26	624.2	600.8	477.7
29	654.9	627.3	495.2
Factor when 10 Ordinate Used	0.09806	0.10000	0.11814

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อได้ค่า %T ของแต่ละความยาวคลื่นแล้วให้นำค่ามารวมกันในแต่ละแกน จากนั้นคูณด้วย Factor ของแกนนั้นๆ จะได้ค่าที่คูณ Factor ของแกน X, Y, Z โดยจะให้สัญลักษณ์เป็น Xs, Ys และ Zs ตามลำดับ

4. นำค่า Xs, Ys, Zs, Xc, Yc และ Zc แปลงเป็นค่าของ Munsell คือเป็น Vxs, Vys , Vzs , Vxc , Vyc และ Vzc ตามค่าของตารางของ Adam–Nickerson (Wyszecki, G. and Stiles,W.S., 2000)

5. เมื่อได้ค่าแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า DE ของแต่ละตัวจากสมการของ Bridgeman

$$DE = [(0.23\ \Delta Vy)^2 + (\Delta(Vx - Vy))^2 + (0.4\Delta\ (Vy - Vz))^2]^{1/2}$$

โดยที่

$$\Delta V_y = V_{yc} - V_{ys}$$

$$\Delta(Vx - Vy) = (V_{xc} - V_{yc}) - (V_{xs} - V_{ys})$$

$$\Delta\ (Vy - Vz) = (V_{yc} - V_{zc}) - (V_{ys} - V_{zs})$$

6. นำค่า DE ที่ได้มาคำนวณหาค่า ADMI จากสมการ

$$\text{ADMI UNIT} = \frac{(F)(DE)}{b}$$

โดยที่

F คือ ค่า Calibration factor ที่ได้จากความชันของการพลอตกราฟของค่า ADMI กับค่า DE ของตัวอย่างสีมาตรฐาน

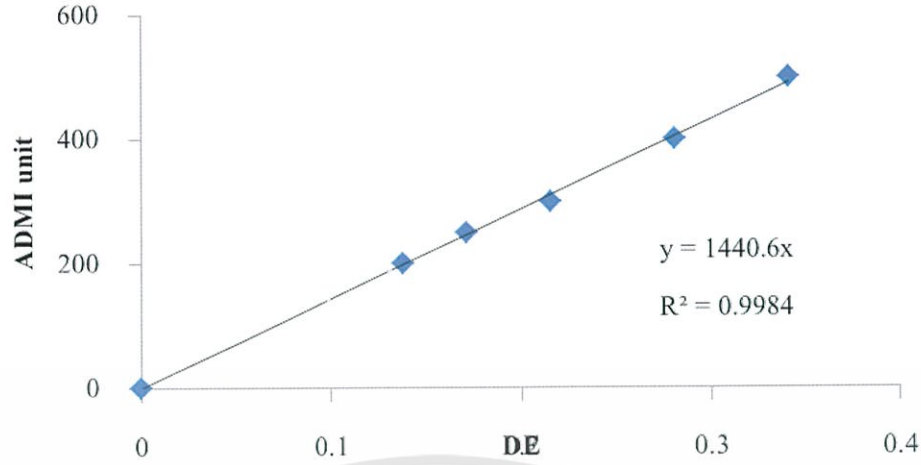
b คือ ความกว้างของเซลล์วัดแสง (cm.)

4) การคำนวณและแปลผล

1. การคำนวณ Calibration factor (f)

เป็นการนำค่าเอดีเอ็มไอของสีมาตรฐานที่เตรียมได้มาพล็อตเทียบกับค่า DE ที่คำนวณได้ จะได้ Calibration factor (f) จากความชันของกราฟดังรูปที่ ก-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-1 กราฟมาตรฐานของตัวอย่างสีมาตรฐาน

2. ทำการวัดเปอร์เซ็นต์การส่องผ่าน (%T) ในแต่ละความยาวคลื่นดังตารางที่ ก-4 จะได้ค่าดังตัวอย่าง

X	67.8	75.1	88.2	90.6	92.5	93.8	94.7	95.6	96.7	98.6
Y	80.8	84.7	86.5	87.9	89.0	90.3	91.8	93.3	94.7	96.9
Z	62.8	66.6	68.7	70.5	72.1	73.6	75.5	76.8	78.8	81.9

3. นำค่าที่ได้จากแต่ละแกนมารวมกัน

X = 67.8+75.1+88.2+90.6+92.5+93.8+94.7+95.6+96.7+98.6

X = 893.6

Y = 80.8+84.7+86.5+87.9+89.0+90.3+91.8+93.3+94.7+96.9

Y = 895.9

Z = 62.8+84.7+86.5+87.9+89.0+90.3+91.8+93.3+94.7+96.8

Z = 727.3

4. นำผลรวมที่ได้แต่ละแกนคูณกับแฟคเตอร์จากตารางที่ ก-1

Xs = 893.6×0.09806 Xs = 87.62

Ys = 895.6×0.1 Ys = 89.56

Zs = 727.3×0.11814 Zs = 85.923

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำค่า Xc, Yc, Zc, Xs, Ys และ Zs, Xc, Yc และ Zc ได้มาจากการนำน้ำกลั่นไปวัดและคำนวณเช่นเดียวกันกับตัวอย่าง) แปลงเป็นค่า Munsell จากตารางของ Adam–Nickerson (Wyszecki and Stiles,W.S., 2000) จะได้เป็นค่าเป็น Vxc, Vyc, Vzc, Vxs, Vys และVzs ตามลำดับจะได้ Vxc = 9.9, Vyc = 9.9, Vzc= 9.9, Vxs = 9.47, Vys = 9.48 และ Vzs = 8.72

6. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า DE

$$DE = \{[(9.9-9.48) \times 0.23]^2 + [(9.9-9.9)-(9.47-9.48)]^2 + [0.4\times[(9.9-9.9)-(9.48-8.72)]]^2\}^{1/2}$$

$$DE = 0.3188$$

$$ADMI = (0.3188\times1440)/1 = 459.10$$

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดสี

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัดสี (\%)} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100$$

โดยที่ C_0= ความเข้มสีเริ่มต้น (ADMI)

C_t= ความเข้มสีที่ถูกกำจัดในเวลาต่างๆ (ADMI)

สมมติความเข้มสีเริ่มต้นเท่ากับ 22451 ADMI

สมมติความเข้มสีที่ 10 นาทีเท่ากับ 459.10 ADMI

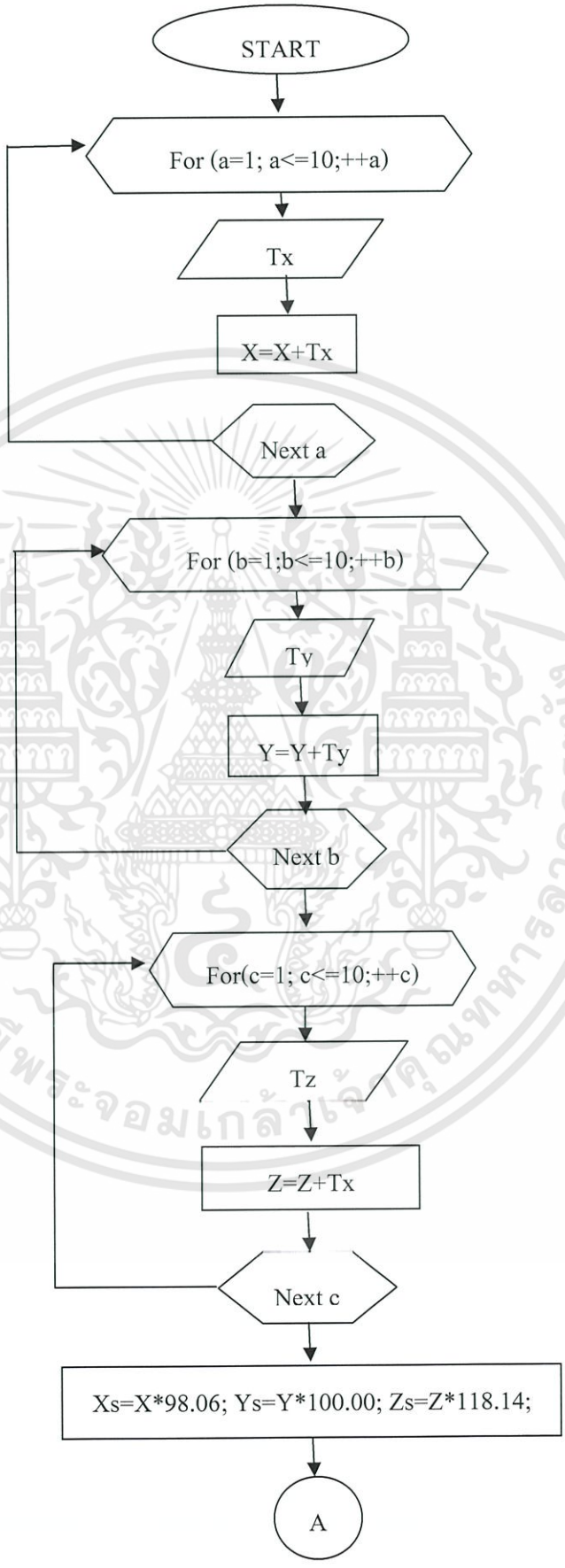
$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัดสี (\%)} = \frac{(22451 - 459.10)}{22451} \times 100$$

$$= 98\ \%$$

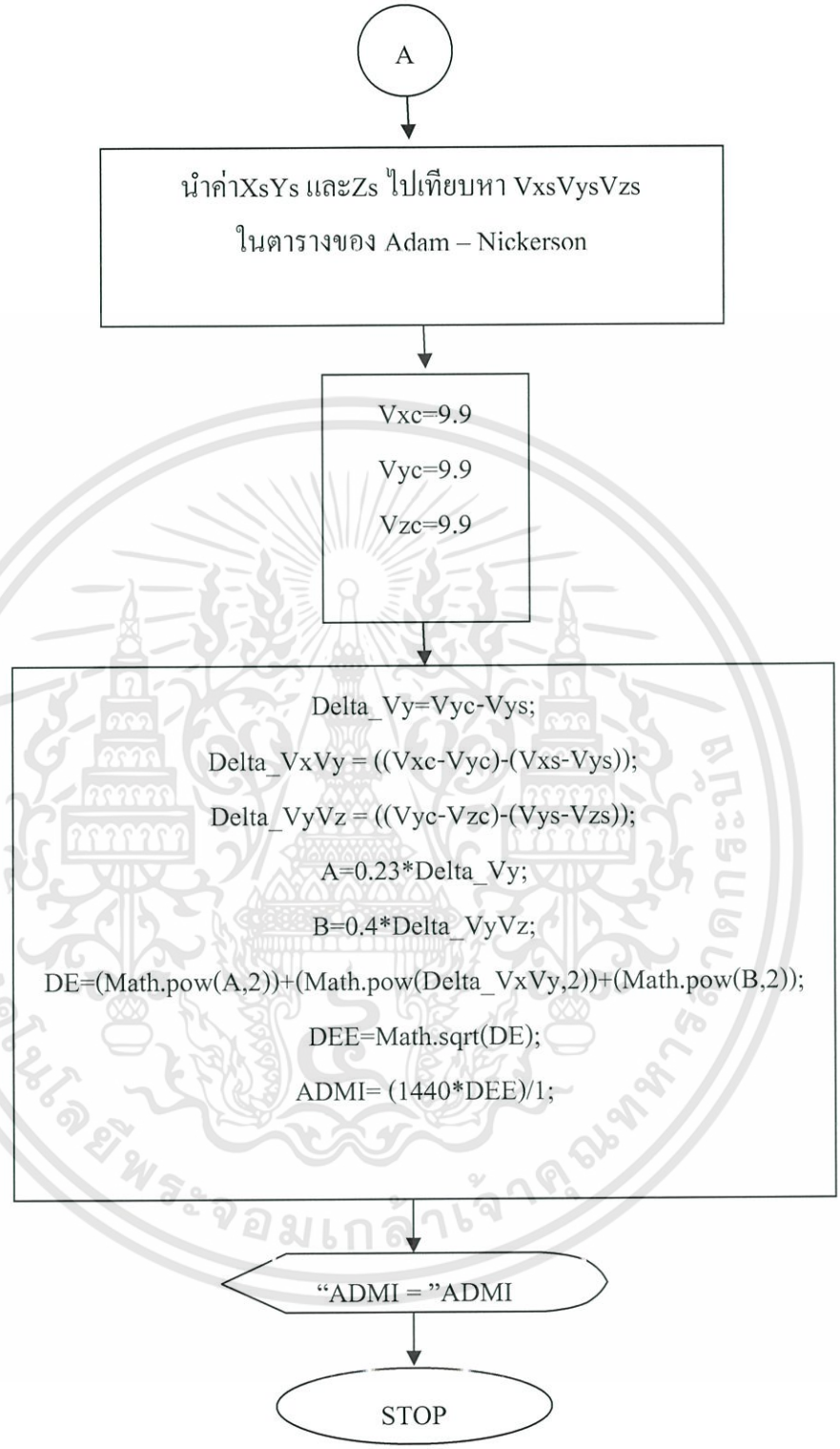
5) การใช้โปรแกรมช่วยคำนวณค่า ADMI

เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการคำนวณจึงได้ทำการพัฒนาซอฟแวร์โปรแกรมช่วยคำนวณ โดยมีวิธีการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่ ก-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-2 แสดงวิธีการทำงานของโปรแกรมคำนวณความเข้มสีในหน่วยเอดีเอ็มไอ

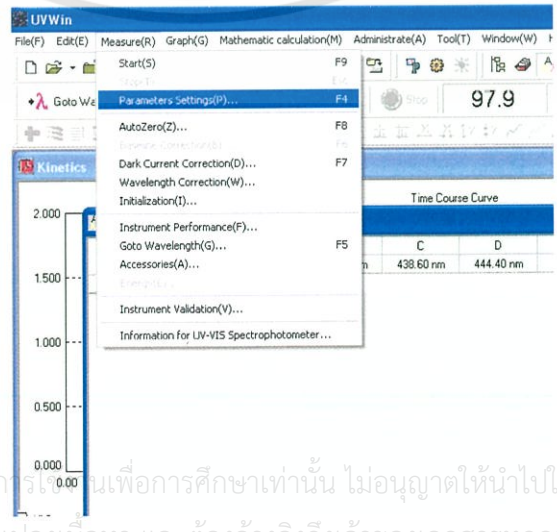
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการดำเนินงานบนคอมพิวเตอร์ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เข้าโปรแกรมผ่านทางไอคอนหน้าจอ

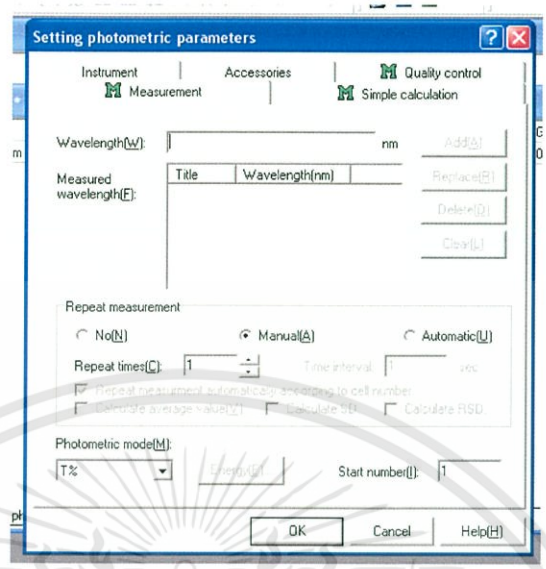
2. ใส่ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของแต่ละโคออดิเนต จนครบทั้ง 3 แกน

2.1 เข้า Mesure จากนั้นคลิกที่ Parameter Settings



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ใส่ความยาวคลื่นในช่อง Wavelength (W) ดังตาราง ก-4 จากนั้นคลิก OK



No.	ID	Mode	A 422.20 nm	B 432.00 nm	C 438.60 nm	D 444.40 nm	E 450.10 nm	F 455.90 nm	G 462.00 nm	H 468.70 nm	I 477.70 nm	J 495.20 nm
1	1-มี.ค.	T%	67.8	75.1	88.2	90.6	92.5	93.8	94.7	95.6	96.7	98.6

แกน x แกน y แกน z ADMI Database

No.	ID	Mode	A 422.20 nm	B 432.00 nm	C 438.60 nm	D 444.40 nm	E 450.10 nm	F 455.90 nm	G 462.00 nm	H 468.70 nm	I 477.70 nm	J 495.20 nm
1	1-มี.ค.	T%	80.8	84.7	86.5	87.9	89	90.3	91.8	93.3	94.7	96.9

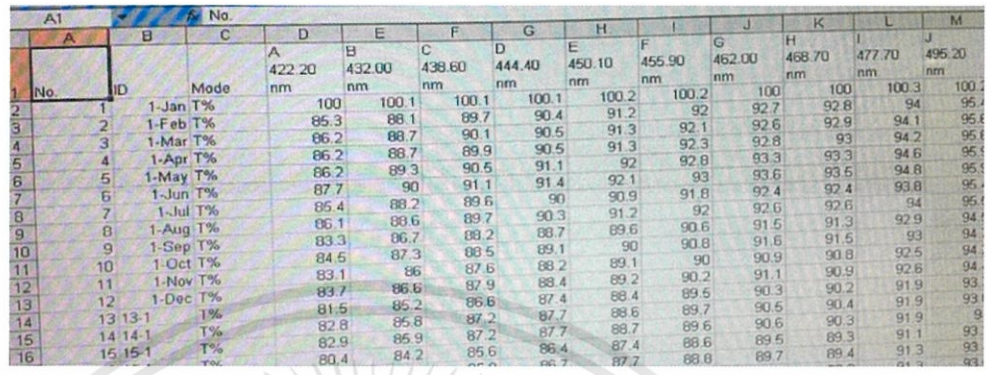
แกน x แกน y แกน z ADMI Database

No.	ID	Mode	A 422.20 nm	B 432.00 nm	C 438.60 nm	D 444.40 nm	E 450.10 nm	F 455.90 nm	G 462.00 nm	H 468.70 nm	I 477.70 nm	J 495.20 nm
1	1-มี.ค.	T%	62.8	66.6	68.7	70.5	72.1	73.6	75.5	76.8	78.8	81.9

แกน x แกน y แกน z ADMI Database

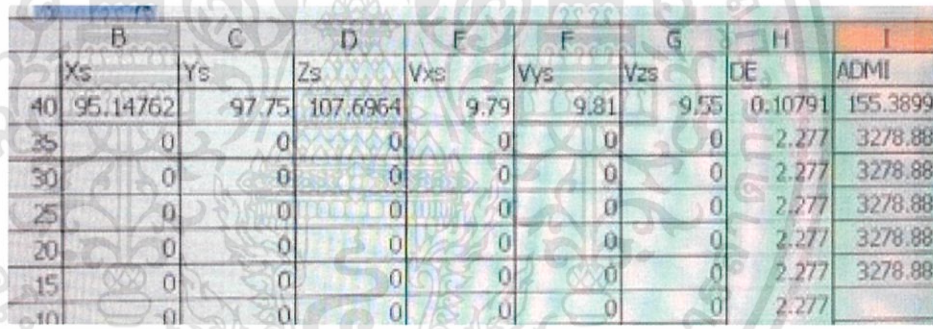
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับพีเอชของน้ำชะมูลฝอยให้เป็น 7.6 กรองน้ำตัวอย่างใส่เซลล์ ทำการวัดค่า %T ของน้ำตัวอย่าง



No.	ID	Mode	A 422.20 nm	B 432.00 nm	C 438.60 nm	D 444.40 nm	E 450.10 nm	F 455.90 nm	G 462.00 nm	H 468.70 nm	I 477.70 nm	J 495.20 nm
1	1-Jan	T%	100	100.1	100.1	100.1	100.2	100.2	100	100	100.3	100.2
2	1-Feb	T%	85.3	88.1	89.7	90.4	91.2	92	92.7	92.8	94	95.4
3	1-Mar	T%	86.2	88.7	90.1	90.5	91.3	92.1	92.6	92.9	94.1	95.6
4	1-Apr	T%	86.2	88.7	89.9	90.5	91.3	92.3	92.8	93	94.2	95.6
5	1-May	T%	86.2	89.3	90.5	91.1	92	92.8	93.3	93.3	94.6	95.9
6	1-Jun	T%	87.7	90	91.1	91.4	92.1	93	93.6	93.5	94.8	95.9
7	1-Jul	T%	85.4	88.2	89.6	90	90.9	91.8	92.4	92.4	93.8	95.4
8	1-Aug	T%	86.1	88.6	89.7	90.3	91.2	92	92.6	92.6	94	95.6
9	1-Sep	T%	83.3	86.7	88.2	88.7	89.6	90.6	91.5	91.3	92.9	94.5
10	1-Oct	T%	84.6	87.3	88.5	89.1	90	90.8	91.6	91.5	93	94.3
11	1-Nov	T%	83.1	86	87.6	88.2	89.1	90	90.9	90.8	92.5	94.2
12	1-Dec	T%	83.7	86.6	87.9	88.4	89.2	90.2	91.1	90.9	92.6	94.4
13	13-1	T%	81.5	85.2	86.6	87.4	88.4	89.5	90.3	90.2	91.9	93.8
14	14-1	T%	82.8	85.8	87.2	87.7	88.6	89.7	90.5	90.4	91.9	93.9
15	15-1	T%	82.9	85.9	87.2	87.7	88.7	89.6	90.6	90.3	91.9	93.9
16		T%	80.4	84.2	85.6	86.4	87.4	88.6	89.5	89.3	91.1	93.2
						86.7	87.7	88.8	89.7	89.4	91.3	93.4

4. โปรแกรมจะทำการคำนวณค่า DE และค่าความเข้มสีในหน่วยเอดีเอ็มไอมาให้ผ่านทางเวิร์คชีท ADMI



	B Xs	C Ys	D Zs	F Vxs	F Vys	G Vzs	H DE	I ADMI
40	95.14762	97.75	107.6964	9.79	9.81	9.55	0.10791	155.3899
35	0	0	0	0	0	0	2.277	3278.88
30	0	0	0	0	0	0	2.277	3278.88
25	0	0	0	0	0	0	2.277	3278.88
20	0	0	0	0	0	0	2.277	3278.88
15	0	0	0	0	0	0	2.277	3278.88
10	0	0	0	0	0	0	2.277	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 จำนวนแบคทีเรีย (โคโลนี) ที่ระดับการเจือจาง 1: 10^3

ระดับการเจือจาง $1 : 10^3$	จำนวนแบคทีเรีย (โคโลนี)		
	Plate 1	Plate 2	Plate 3
จุลินทรีย์จากอาหาร	187	195	203
EM กทม.	84	98	76

ตารางที่ ข-2-1 ค่าออกซิเจนละลายของน้ำเสียในการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	วันที่	เวลา	ชุดควบคุม	DO ของ EM กทม. (mg/L)			DO ของจุลินทรีย์จากอาหาร (mg/L)		
				1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	14-Sep-12	16:00 น.	0.94	0.94	1.52	1.55	1.85	1.74	1.94
3	17-Sep-12	11:30 น.	0.65	0.81	1.12	1.74	1.71	1.71	1.67
7	21-Sep-12	00:00 น.	3.35	3.09	2.95	3.05	4.56	4.73	4.96

ตารางที่ ข-2-2 อุณหภูมิของน้ำเสียในการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	วันที่	เวลา	ชุดควบคุม	อุณหภูมิของ EM กทม. (°C)			อุณหภูมิของจุลินทรีย์จากอาหาร (°C)		
				1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	14-Sep-12	16:00 น.	31.9	31.7	31.8	31.7	31.8	31.8	31.7
3	17-Sep-12	11:30 น.	30.6	30.8	30.8	30.6	30.3	30.4	30.5
7	21-Sep-12	00:00 น.	27.3	27.5	27.5	27.4	27.6	27.6	27.4

ตารางที่ ข-3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเสียในการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	วันที่	เวลา	ชุดควบคุม	pH ของ EM กทม.			pH ของจุลินทรีย์จากอาหาร		
				1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	14-Sep-12	16:00 น.	3.44	3.38	3.51	3.59	3.46	3.45	3.44
3	17-Sep-12	11:30 น.	3.23	3.39	3.53	3.57	3.47	3.43	3.37
7	21-Sep-12	00:00 น.	3.63	3.66	3.74	3.83	3.60	3.58	3.55

ตารางที่ ข-4 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำเสียในการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	วันที่	เวลา	ชุดควบคุม	EC ของ EM กทม. (µS/cm)			EC ของจุลินทรีย์จากอาหาร (µS/cm)		
				1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	14-Sep-12	16:00 น.	108	116	120	128	111	112	111
3	17-Sep-12	11:30 น.	135	115	120	126	111	108	111
7	21-Sep-12	00:00 น.	116	207	244	228	115	117	107

ตารางที่ ข-5 ค่าความขุ่นของน้ำเสียในการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	วันที่	เวลา	ชุดควบคุม	ความขุ่นของ EM กทม. (NTU)			ความขุ่นของจุลินทรีย์จากอาหาร (NTU)		
				1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	14-Sep-12	16:00 น.	248.82	277.88	309.83	315.77	251.85	264.42	254.01
3	17-Sep-12	11:30 น.	210.01	245.44	295.63	301.05	233.33	262.61	248.92
7	21-Sep-12	00:00 น.	265.74	328.11	292.90	340.67	315.22	193.72	190.41

ตารางที่ ข-6 ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ของน้ำเสียในการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	วันที่	เวลา	ชุดควบคุม	sCOD ของ EM กทม. (mg/L)			sCOD ของจุลินทรีย์จากอาหาร (mg/L)		
				1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	14-Sep-12	16:00 น.	6585.20	6262.00	5373.20	4807.60	7433.60	5938.80	5898.40
3	17-Sep-12	11:30 น.	6311.60	5415.76	5130.72	5700.80	5212.16	5090.00	5334.32
7	21-Sep-12	00:00 น.	5797.92	5592.32	4523.20	4399.84	5098.88	5715.68	5797.92

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ ข-7 ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ของน้ำเสียในการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	COD			วันที่	COD			ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD (%)		ค่าเฉลี่ย	S.D.
0	ชุดควบคุม			7	ชุดควบคุม						
	1.22	255.328	6383.2		1.36	248.3648	6209.12	ชุดควบคุม	2.727159	9.165146	5.594807
	1.2	258.56	6464		1.5	225.3376	5633.44		12.84901		
	1.24	252.096	6302.4		1.52	222.048	5551.2		11.91927		
	EM กทม. 1%				EM กทม. 1%						
	1.32	239.168	5979.2		1.58	212.1792	5304.48	EM กทม. 1%	11.28445	6.165503	4.478868
	1.28	245.632	6140.8		1.44	235.2064	5880.16		4.244398		
	1.3	242.4	6060		1.44	235.2064	5880.16		2.967657		
0	EM กทม. 3%			7	EM กทม. 3%						
	1.48	213.312	5332.8		1.7	192.4416	4811.04	EM กทม. 3%	9.783978	12.29076	2.568307
	1.52	206.848	5171.2		1.8	175.9936	4399.84		14.91646		
	1.56	200.384	5009.6		1.8	175.9936	4399.84		12.17183		
	EM กทม. 5%				EM กทม. 5%						
	1.6	193.92	4848		1.82	172.704	4317.6	EM กทม. 5%	10.94059	4.303823	6.040725
	1.68	180.992	4524.8		1.76	182.5728	4564.32		-0.87341		
	1.7	177.76	4444		1.82	172.704	4317.6		2.844284		

ตารางที่ ข-7 (ต่อ) ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ของน้ำเสียในการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	COD			วันที่	COD			ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD (%)		ค่าเฉลี่ย	S.D.
0	จุลินทรีย์จากอาหาร 1%			7	จุลินทรีย์จากอาหาร 1%						
	1.04	284.416	7110.4		1.66	199.0208	4975.52	จุลินทรีย์จากอาหาร 1%	30.02475	29.44376	1.389852
	1	290.88	7272		1.64	202.3104	5057.76		30.44884		
	0.98	294.112	7352.8		1.58	212.1792	5304.48		27.85769		
	จุลินทรีย์จากอาหาร 3%				จุลินทรีย์จากอาหาร 3%						
	1.28	245.632	6140.8		1.48	228.6272	5715.68	จุลินทรีย์จากอาหาร 3%	6.922876	0.139719	6.279195
	1.44	219.776	5494.4		1.52	222.048	5551.2		-1.03378		
	1.42	223.008	5575.2		1.44	235.2064	5880.16		-5.46994		
	จุลินทรีย์จากอาหาร 5%				จุลินทรีย์จากอาหาร 5%						
	1.38	229.472	5736.8		1.54	218.7584	5468.96	จุลินทรีย์จากอาหาร 5%	4.668805	-2.05524	6.001979
	1.4	226.24	5656		1.44	235.2064	5880.16		-3.96322		
	1.4	226.24	5656		1.4	241.7856	6044.64		-6.87129		

ตารางที่ ข-8 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	เวลา	ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/L)		
		ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	20:15 น.	4.19	4.33	4.15
	00:00 น.	2.73	2.88	2.89
1	10:00 น.	2.90	2.94	2.97
	14:00 น.	3.73	4.08	3.83
2	08:00 น.	4.71	5.02	4.94
	11:00 น.	3.71	3.83	3.78
3	08:00 น.	2.65	2.80	2.75
	13:00 น.	2.90	2.89	2.92
4	10:30 น.	4.39	4.63	4.59
	15:00 น.	2.89	2.95	2.88
5	13:00 น.	3.60	3.71	3.66
	18:00 น.	3.46	3.44	3.42
6	09:00 น.	3.59	3.69	3.65
	13:15 น.	3.12	3.38	3.33
7	09:00 น.	4.31	4.51	4.45
	13:00 น.	4.71	4.83	4.70
8	11:00 น.	3.45	3.50	3.49
10	09:30 น.	2.87	3.32	3.12
12	09:30 น.	1.95	2.41	2.20
14	11:00 น.	2.20	2.10	1.95
16	08:00 น.	2.14	2.12	2.35
18	09:30 น.	0.98	1.13	1.41
20	09:30 น.	1.91	2.14	2.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-9 อุณหภูมิในน้ำเสียในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (^{o}C)		
		ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	20:15 น.	28.4	27.7	28.2
	00:00 น.	28.0	27.8	27.8
1	10:00 น.	28.5	27.0	27.3
	14:00 น.	27.9	27.5	27.6
2	08:00 น.	27.4	26.9	26.9
	11:00 น.	27.5	27.3	27.3
3	08:00 น.	28.1	27.4	27.5
	13:00 น.	28.8	28.1	28.2
4	10:30 น.	29.3	28.5	28.6
	15:00 น.	30.3	29.3	29.5
5	13:00 น.	29.7	29.4	29.5
	18:00 น.	30.6	29.9	30.1
6	09:00 น.	30.5	29.9	30.0
	13:15 น.	29.3	29.0	29.1
7	09:00 น.	30.4	29.6	29.8
	13:00 น.	29.0	28.3	28.5
8	11:00 น.	29.4	28.8	29.0
10	09:30 น.	28.9	28.5	28.6
12	09:30 น.	27.9	27.9	27.8
14	11:00 น.	26.9	26.8	26.9
16	08:00 น.	30.1	29.4	29.2
18	09:30 น.	30.0	29.9	29.9
20	09:30 น.	30.1	29.6	29.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	เวลา	pH		
		ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	20:15 น.	3.16	3.17	3.25
	00:00 น.	3.13	3.20	3.23
1	10:00 น.	3.09	3.17	3.21
	14:00 น.	3.21	3.19	3.24
2	08:00 น.	3.15	3.10	3.19
	11:00 น.	3.20	3.19	3.23
3	08:00 น.	3.23	3.22	3.23
	13:00 น.	3.23	3.23	3.25
4	10:30 น.	3.38	3.32	3.35
	15:00 น.	3.36	3.30	3.36
5	13:00 น.	3.70	3.50	3.58
	18:00 น.	3.76	3.56	3.63
6	09:00 น.	4.71	4.39	4.58
	13:15 น.	4.74	4.38	4.57
7	09:00 น.	4.82	4.69	4.71
	13:00 น.	4.84	4.72	4.76
8	11:00 น.	5.11	4.87	4.94
10	09:30 น.	6.12	6.01	6.09
12	09:30 น.	6.65	6.66	6.69
14	11:00 น.	7.09	7.21	7.07
16	08:00 น.	7.11	7.23	7.13
18	09:30 น.	7.54	7.42	7.33
20	09:30 น.	7.55	7.65	7.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-11 ค่าการนำไฟฟ้าในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	เวลา	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)		
		ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	20:15 น.	1.63	1.56	1.55
	00:00 น.	1.64	1.60	1.60
1	10:00 น.	1.66	1.64	1.64
	14:00 น.	1.65	1.64	1.64
2	08:00 น.	1.67	1.67	1.57
	11:00 น.	0.039	0.040	0.037
3	08:00 น.	0.059	0.038	0.054
	13:00 น.	0.028	0.028	0.028
4	10:30 น.	0.015	0.028	0.028
	15:00 น.	1.64	1.60	1.59
5	13:00 น.	0.180	0.174	0.174
	18:00 น.	0.213	0.184	0.206
6	09:00 น.	0.174	0.226	0.186
	13:15 น.	0.178	0.210	0.186
7	09:00 น.	1.66	1.58	1.63
	13:00 น.	0.026	0.030	0.029
8	11:00 น.	1.67	1.63	1.66
10	09:30 น.	1.81	1.66	1.62
12	09:30 น.	1.73	1.67	1.70
14	11:00 น.	1.70	1.58	1.61
16	08:00 น.	1.69	1.69	1.78
18	09:30 น.	1.66	1.61	1.69
20	09:30 น.	1.73	1.7	1.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-12 ค่าความขุ่นในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	เวลา	ความขุ่น (NTU)		
		ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	20:15 น.	848.34	832.83	458.90
	00:00 น.	797.30	744.88	313.04
1	10:00 น.	778.99	684.37	313.85
	14:00 น.	763.20	673.49	289.62
2	08:00 น.	677.46	595.18	310.80
	11:00 น.	562.67	552.92	259.90
3	08:00 น.	425.22	368.33	258.45
	13:00 น.	370.16	339.77	257.18
4	10:30 น.	250.78	269.04	231.27
	15:00 น.	235.12	254.68	235.24
5	13:00 น.	216.97	230.76	215.54
	18:00 น.	244.81	258.11	212.12
6	09:00 น.	236.58	266.58	376.74
	13:15 น.	244.60	254.82	252.80
7	09:00 น.	241.58	262.86	259.31
	13:00 น.	330.28	382.06	262.61
8	11:00 น.	232.61	268.83	259.98
10	09:30 น.	399.90	345.81	398.24
12	09:30 น.	57.357	39.906	38.720
14	11:00 น.	206.34	112.33	273.74
16	08:00 น.	188.35	88.564	160.77
18	09:30 น.	135.64	102.01	137.60
20	09:30 น.	174.50	147.23	179.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-13 ความเข้มสีในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	เวลา	ความเข้มสี (ADMI)		
		ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	20:15 น.	51	139	137
	00:00 น.	67	73	174
1	10:00 น.	120	65	114
	14:00 น.	93	40	147
2	08:00 น.	113	79	93
	11:00 น.	27	12	113
3	08:00 น.	47	78	151
	13:00 น.	50	52	102
4	10:30 น.	33	32	157
	15:00 น.	55	157	86
5	13:00 น.	304	129	350
	18:00 น.	29	92	140
6	09:00 น.	86	282	244
	13:15 น.	384	154	390
7	09:00 น.	239	347	382
	13:00 น.	138	54	224
8	11:00 น.	541	120	72
10	09:30 น.	137	175	128
12	09:30 น.	155	153	198
14	11:00 น.	70	82	162
16	08:00 น.	65	75	148
18	09:30 น.	92	71	142
20	09:30 น.	82	65	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-14 ค่าซีโอดีละลายในน้ำในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	เวลา	ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD) (mg/L)		
		ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	20:15 น.	4921.84	4590.96	5128.64
	00:00 น.	4466.88	4425.52	4384.16
1	10:00 น.	4120.00	3790.40	4037.60
	14:00 น.	4573.20	4573.20	3996.40
2	08:00 น.	3865.28	4235.36	3865.28
	11:00 น.	4358.72	4194.24	3783.04
3	08:00 น.	4072.00	4112.72	4194.16
	13:00 น.	3542.64	3583.36	3868.40
4	10:30 น.	3447.60	3650.40	3244.80
	15:00 น.	3001.44	3690.96	3407.04
5	13:00 น.	3094.72	3013.28	2931.84
	18:00 น.	2937.60	3427.20	3182.40
6	09:00 น.	2613.92	2740.40	2740.40
	13:15 น.	2403.12	2866.88	2613.92
7	09:00 น.	2389.60	2801.60	2595.60
	13:00 น.	2142.40	2760.40	2554.40
8	11:00 น.	2398.56	2524.80	2608.96
10	09:30 น.	1318.40	1442.00	1359.60
12	09:30 น.	951.28	620.40	951.28
14	11:00 น.	881.28	603.84	799.68
16	08:00 น.	603.84	522.24	636.48
18	09:30 น.	238.69	241.92	341.91
20	09:30 น.	209.88	196.42	224.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-15 ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD (%) ในน้ำในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1 % และ EM กทม. 1%

ชุดทดลอง	sCOD ก่อนบำบัด	sCOD หลังบำบัด	ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD (%)	$\bar{x}$	S.D.
ชุดควบคุม	4921.84	209.08	95.75	95.75	5.19×10^{-5}
	4921.78	209.08	95.75		
	4921.9	209.08	95.73		
ชุดจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	4590.96	196.024	95.73	95.72	3.42×10^{-5}
	4590.92	197.23	95.70		
	4591	196	95.73		
ชุด EM กทม. 1%	5128.64	224.93	95.61	95.61	0.015
	5128.6	224.93	95.61		
	5128.68	224.93	95.61		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-16 ลักษณะของน้ำเสียก่อนบำบัด

พารามิเตอร์	หน่วย	ถัง 1 ชุดควบคุม					ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %					ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %				
		1	2	3	$\bar{x}$	S.D	1	2	3	$\bar{x}$	S.D	1	2	3	$\bar{x}$	S.D
พีเอช (pH)	-	3.21			-	-	3.23			-		3.21			-	
อุณหภูมิ (Temperature)	°C	30.0			-	-	29.6			-		29.5			-	
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	964.52			-		904.14			-		790.91			-	
ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)	mg/L	3.58			-		3.46			-		3.61			-	
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	mS/cm	1.57			-		1.53			-		1.51			-	
ซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD)	mg/L	4754.3	4758.2	4756.7	4756.4	1.97	5004.29	5005.79	5003.59	5004.56	1.12	5003.59	5004.29	5005.79	5004.56	1.12
บีโอดี (BOD)	mg/L	4082	4082	4085	4083	1.73	3817	3819	3821	3819	2.00	3691	3697	3700	3696	4.58
ไนโตรเจนทั้งหมด (TN)	mg/L	0.80	0.90	0.90	0.8667	0.06	0.95	0.90	0.90	0.9167	0.03	0.90	0.85	0.95	0.9000	0.05
น้ำมันและไขมัน (Fat,Oil and Grease)	mg/L	553	558	557	556	2.65	553	558	560	557	3.61	553	558.5	552	554.50	3.50
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	mg/L	3.40	5.38	5.33	5.37	1.13	5.35	5.36	5.22	5.31	0.08	5.64	5.69	5.68	5.67	0.03
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	mg/L	5140	5145	5141	5,142	2.65	5125	5127	5126	5,126	1.00	5157	5155	5156	5,156	1.00
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids)	mg/L	651	663	662	662	1.00	652	655	655	654	1.73	673	670	673	672	1.73

ตารางที่ ข-16 (ต่อ) ลักษณะของน้ำเสียก่อนบำบัด

พารามิเตอร์	หน่วย	ถัง 1 ชุดควบคุม					ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %					ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %				
		1	2	3	$\bar{x}$	S.D.	1	2	3	$\bar{x}$	S.D.	1	2	3	$\bar{x}$	S.D.
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids)	mg/L	4478	4480	4482	4480	2.00	4475	4470	4471	4472	2.65	4485	4484	4483	4484	1.00
ความเข้มของสี	ADMI	86	88	88	88	1	11	10	12	11	1	49	53	54	52	3
กลิ่น	-	เหม็นเศษอาหาร			-		เหม็นเศษอาหาร			-		เหม็นเศษอาหาร			-	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ ข-17 ลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัด

พารามิเตอร์	หน่วย	ถัง 1 ชุดควบคุม					ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %					ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %				
		1	2	3	$\bar{x}$	S.D.	1	2	3	$\bar{x}$	S.D.	1	2	3	$\bar{x}$	S.D.
พีเอช (pH)	-	7.55			-		7.65			-		7.46			-	
อุณหภูมิ (Temperature)	°C	29.8			-		29.5			-		29.5			-	
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	174.50			-		147.23			-		179.03			-	
ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)	mg/L	1.91			-		2.14			-		2.02			-	
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	mS/cm	1.73			-		1.70			-		1.77			-	
ซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD)	mg/L	209.08	209.08	209.08	209.08	0.00	196.02	197.2	196.0	196.42	0.70	224.93	224.93	224.93	224.93	0.00
บีโอดี (BOD)	mg/L	75.51	77.85	80.19	77.85	2.34	82.50	80.00	85.00	82.50	2.50	106.43	108.30	110.17	108.30	1.87
ไนโตรเจนทั้งหมด (TN)	mg/L	12.85	12.95	12.85	12.88	0.06	13.70	13.75	13.72	13.72	0.03	16.25	16.27	16.21	16.24	0.03
น้ำมันและไขมัน (Fat,Oil and Grease)	mg/L	89.5	70.5	68.75	76.25	11.51	122	189.5	155.75	155.75	33.75	123	120	118.5	120.5	2.29
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	mg/L	0.6203	0.621	0.6413	0.63	0.01	0.73	0.720	0.729	0.73	0.00	0.7343	0.7463	0.7517	0.74	0.01
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	mg/L	1254	1258	1256	1,256	2.00	1228	1230	1229	1,229	1.00	1360	1369	1366	1,365	4.58
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids)	mg/L	129	129	132	130	1.73	80	79	76	78	2.08	134	135	139	136	2.65

ตารางที่ ข-17 (ต่อ) ลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัด

พารามิเตอร์	หน่วย	ถัง 1 ชุดควบคุม					ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %					ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %				
		1	2	3	$\bar{X}$	S.D.	1	2	3	$\bar{X}$	S.D.	1	2	3	$\bar{X}$	S.D.
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids)	mg/L	1125	1125	1128	1,126	1.73	1178	1124	1151	1,151	27.00	1218	1240	1229	1,229	11.0
ความเข้มของสี	ADMI	81	83	81	82	1	63	66	66	65	2	119	122	122	121	2
กลิ่น	-	เหม็นปานกลาง			-		เหม็นน้อยมาก			-		เหม็นมาก			-	

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	Control	DO ของ EM กทม. (mg/L)			DO ของ EM ที่เตรียมจากอาหาร (mg/L)		
		1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	0.94	0.94	1.52	1.55	1.85	1.74	1.94
3	0.65	0.81	1.12	1.74	1.71	1.71	1.67
7	3.35	3.09	2.95	3.05	4.56	4.73	4.96

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำแตกต่างกัน

ตารางที่ ค-2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

ANOVA

DO

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.203	6	.867	.423	.852
Within Groups	28.714	14	2.051		
Total	33.916	20			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .852 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1

สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	Control	pH ของ EM กทม.			pH ของ EM ที่เตรียมจากอาหาร		
		1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	3.44	3.38	3.51	3.59	3.46	3.45	3.44
3	3.23	3.39	3.53	3.57	3.47	3.43	3.37
7	3.63	3.66	3.74	3.83	3.60	3.58	3.55

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน

ตารางที่ ค-4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.123	6	.020	1.160	.380
Within Groups	.247	14	.018		
Total	.369	20			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .380 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1

สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-5 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	Control	EC ของ EM กทม. (µS/cm)			EC ของจุลินทรีย์จากอาหาร (µS/cm)		
		1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	108	116	120	128	111	112	111
3	135	115	120	126	111	108	111
7	116	207	244	228	115	117	107

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่าการนำไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกัน

ตารางที่ ค-6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

ANOVA

EC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9906.286	6	1651.048	1.001	.462
Within Groups	23082.000	14	1648.714		
Total	32988.286	20			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .462 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1 สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-7 ค่าความขุ่นในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	Control	ความขุ่นของ EM กทม. (NTU)			ความขุ่นของจุลินทรีย์จากอาหาร (NTU)		
		1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	248.82	277.88	309.83	315.77	251.85	264.42	254.01
3	210.01	245.44	295.63	301.05	233.33	262.61	248.92
7	265.74	328.11	292.90	340.67	315.22	193.72	190.41

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่าความขุ่นไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่าความขุ่นแตกต่างกัน

ตารางที่ ค-8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่นในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

ANOVA

turbid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20051.258	6	3341.876	3.018	.042
Within Groups	15504.319	14	1107.451		
Total	35555.578	20			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .042 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่าความขุ่นในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่นในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ด้วยวิธี Duncan

turbid

Duncan

ชุด	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
7	3	2.3111E2		
6	3	2.4025E2	2.4025E2	
1	3	2.4152E2	2.4152E2	
5	3	2.6680E2	2.6680E2	2.6680E2
2	3	2.8381E2	2.8381E2	2.8381E2
3	3		2.9945E2	2.9945E2
4	3			3.1915E2
Sig.		.100	.067	.096

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ค-10 ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

วันที่	Control	sCOD ของ EM กทม. (mg/L)			sCOD ของจุลินทรีย์จากอาหาร (mg/L)		
		1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	6585.20	6262.00	5373.20	4807.60	7433.60	5938.80	5898.40
3	6311.60	5415.76	5130.72	5700.80	5212.16	5090.00	5334.32
7	5797.92	5592.32	4523.20	4399.84	5098.88	5715.68	5797.92

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

ANOVA

sCOD					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3825595.933	6	637599.322	1.482	.254
Within Groups	6021573.879	14	430112.420		
Total	9847169.813	20			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .254 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1 สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ ค-12 ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD (%)			ค่าเฉลี่ย	S.D.
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
ชุดควบคุม	2.727159	12.84901	11.91927	9.165146	5.594807
EM กทม. 1%	11.28445	4.244398	2.967657	6.165503	4.478868
EM กทม. 3%	9.783978	14.91646	12.17183	12.29076	2.568307
EM กทม. 5%	10.94059	-0.87341	2.844284	4.303823	6.040725
EM จากอาหาร 1%	30.02475	30.44884	27.85769	29.44376	1.389852
EM จากอาหาร 3%	6.922876	-1.03378	-5.46994	0.139719	6.279195
EM จากอาหาร 5%	4.668805	-3.96322	-6.87129	-2.05524	6.001979

H_0 : EM ที่ใช้ให้ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ของ EM กทม.

ANOVA

ปสภ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	104.776	2	52.388	2.489	.163
Within Groups	126.294	6	21.049		
Total	231.069	8			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .163 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1

สรุปว่า EM ที่ใช้ อย่างน้อย 2 ชุด ให้ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ของ EM กทม. ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ ค-14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ของเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร

ANOVA

ปสภ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1855.732	2	927.866	35.971	.000
Within Groups	154.767	6	25.795		
Total	2010.499	8			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ของเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนประสิทธิภาพการบำบัด sCOD ในน้ำของการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ของเชื้อจุลินทรีย์จากอาหาร ด้วยวิธี Duncan

ปสภ

Duncan

อาหาร	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
5	3	-2.0552	
3	3	.1397	
1	3		29.4438
Sig.		.616	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ค-16 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/L)		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์ จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	4.19	4.33	4.15
	2.73	2.88	2.89
1	2.90	2.94	2.97
	3.73	4.08	3.83
2	4.71	5.02	4.94
	3.71	3.83	3.78
3	2.65	2.80	2.75
	2.90	2.89	2.92
4	4.39	4.63	4.59
	2.89	2.95	2.88
5	3.60	3.71	3.66
	3.46	3.44	3.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-16 (ต่อ) ค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/L)		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
6	3.59	3.69	3.65
	3.12	3.38	3.33
7	4.31	4.51	4.45
	4.71	4.83	4.70
8	3.45	3.50	3.49
10	2.87	3.32	3.12
12	1.95	2.41	2.20
14	2.20	2.10	1.95
16	2.14	2.12	2.35
18	0.98	1.13	1.41
20	1.91	2.14	2.02

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

ANOVA

DO

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.684	10	.568	.300	.973
Within Groups	41.628	22	1.892		
Total	47.312	32			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .973 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1

สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ ค-18 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	pH		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	3.16	3.17	3.25
	3.13	3.20	3.23
1	3.09	3.17	3.21
	3.21	3.19	3.24
2	3.15	3.10	3.19
	3.20	3.19	3.23
3	3.23	3.22	3.23
	3.23	3.23	3.25
4	3.38	3.32	3.35
	3.36	3.30	3.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-18 (ต่อ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	pH		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
5	3.70	3.50	3.58
	3.76	3.56	3.63
6	4.71	4.39	4.58
	4.74	4.38	4.57
7	4.82	4.69	4.71
	4.84	4.72	4.76
8	5.11	4.87	4.94
10	6.12	6.01	6.09
12	6.65	6.66	6.69
14	7.09	7.21	7.07
16	7.11	7.23	7.13
18	7.54	7.42	7.33
20	7.55	7.65	7.46

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.143	10	.014	.667	.742
Within Groups	.473	22	.022		
Total	.617	32			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .742 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1

สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยจุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ ค-20 ค่าการนำไฟฟ้าของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	1.63	1.56	1.55
	1.64	1.60	1.60
1	1.66	1.64	1.64
	1.65	1.64	1.64
2	1.67	1.67	1.57
	0.039	0.040	0.037
3	0.059	0.038	0.054
	0.028	0.028	0.028
4	0.015	0.028	0.028
	1.64	1.60	1.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-20 (ต่อ) ค่าการนำไฟฟ้าของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
5	0.180	0.174	0.174
	0.213	0.184	0.206
6	0.174	0.226	0.186
	0.178	0.210	0.186
7	1.66	1.58	1.63
	0.026	0.030	0.029
8	1.67	1.63	1.66
10	1.81	1.66	1.62
12	1.73	1.67	1.70
14	1.70	1.58	1.61
16	1.69	1.69	1.78
18	1.66	1.61	1.69
20	1.73	1.7	1.77

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่าการนำไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้าของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

ANOVA

EC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.010	2	.005	.008	.992
Within Groups	39.740	66	.602		
Total	39.750	68			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .992 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1

สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่าการนำไฟฟ้าของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ ค-22 ค่าความขุ่นของของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	ความขุ่น (NTU)		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	848.34	832.83	458.90
	797.30	744.88	313.04
1	778.99	684.37	313.85
	763.20	673.49	289.62
2	677.46	595.18	310.80
	562.67	552.92	259.90
3	425.22	368.33	258.45
	370.16	339.77	257.18
4	250.78	269.04	231.27
	235.12	254.68	235.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-22 (ต่อ) ค่าความขุ่นของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	ความขุ่น (NTU)		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
5	216.97	230.76	215.54
	244.81	258.11	212.12
6	236.58	266.58	376.74
	244.60	254.82	252.80
7	241.58	262.86	259.31
	330.28	382.06	262.61
8	232.61	268.83	259.98
10	399.90	345.81	398.24
12	57.357	39.906	38.720
14	206.34	112.33	273.74
16	188.35	88.564	160.77
18	135.64	102.01	137.60
20	174.50	147.23	179.03

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่าความขุ่นไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่าความขุ่นแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่นของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

ANOVA

turbid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	172210.187	2	86105.093	2.247	.114
Within Groups	2529118.963	66	38319.984		
Total	2701329.150	68			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .114 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1

สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่าความขุ่นของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ ค-24 ค่าความเข้มสีของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	ความเข้มสี (ADMI)		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	51	139	137
	67	73	174
1	120	65	114
	93	40	147
2	113	79	93
	27	12	113
3	47	78	151
	50	52	102
4	33	32	157
	55	157	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-24 (ต่อ) ค่าความเข้มสีของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	ความเข้มสี (ADMI)		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
5	304	129	350
	29	92	140
6	86	282	244
	384	154	390
7	239	347	382
	138	54	224
8	541	120	72
10	137	175	128
12	155	153	198
14	70	82	162
16	65	75	148
18	92	71	142
20	82	65	121

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่าความเข้มสีไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่าความเข้มสีแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเข้มสีของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

ANOVA

color

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47795.855	2	23897.928	2.377	.101
Within Groups	663450.348	66	10052.278		
Total	711246.203	68			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .101 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1 สรุปว่า EM ที่ใช้ อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่าความเข้มสีของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ ค-26 ค่า sCOD ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD) mg/L		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
0	4921.84	4590.96	5128.64
	4466.88	4425.52	4384.16
1	4120.00	3790.40	4037.60
	4573.20	4573.20	3996.40
2	3865.28	4235.36	3865.28
	4358.72	4194.24	3783.04
3	4072.00	4112.72	4194.16
	3542.64	3583.36	3868.40
4	3447.60	3650.40	3244.80
	3001.44	3690.96	3407.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-26 (ต่อ) ค่า sCOD ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

วันที่	ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD) mg/L		
	ถัง 1 ชุดควบคุม	ถัง 2 เติมจุลินทรีย์จากอาหาร 1 %	ถัง 3 เติม EM กทม. 1 %
5	3094.72	3013.28	2931.84
	2937.60	3427.20	3182.40
6	2613.92	2740.40	2740.40
	2403.12	2866.88	2613.92
7	2389.60	2801.60	2595.60
	2142.40	2760.40	2554.40
8	2398.56	2524.80	2608.96
10	1318.40	1442.00	1359.60
12	951.28	620.40	951.28
14	881.28	603.84	799.68
16	603.84	522.24	636.48
18	238.69	241.92	341.91
20	209.88	196.42	224.93

H_0 : EM ที่ใช้ให้ค่า sCOD ไม่แตกต่างกัน

H_1 : EM ที่ใช้ให้ค่า sCOD แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า sCOD ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม. 1%

ANOVA

sCOD

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	92347.562	2	46173.781	.022	.978
Within Groups	1.387E8	66	2102123.018		
Total	1.388E8	68			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .978 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1

สรุปว่า EM ที่ใช้อย่างน้อย 2 ชุด ให้ค่า sCOD ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้จุลินทรีย์จากอาหาร 1% และ EM กทม.1% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้