# การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร ด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง กรณีศึกษา : โรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

A Comparison Efficiency of Cafeteria Wastewater Treatment with EM Microbe Produce by Banana, Watermelon and Guava Case Study : Rajamangala University of Technology Phra Nakhon Cafeteria (North Bangkok Campus)


ณัฐชา สิทธิศรี
นัถตา สุภาพ
อัจฉรา สุดรุ่ง


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2555

# การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร ด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง กรณีศึกษา : โรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

A Comparison Efficiency of Cafeteria Wastewater Treatment with EM Microbe Produce by Banana, Watermelon and Guava Case Study : Rajamangala University of Technology Phra Nakhon Cafeteria (North Bangkok Campus)


**ณัฐชา สิทธิศรี**

**นัถตา สุภาพ**

**อัจฉรา สุดรุ่ง**


**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต**
**สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ**
**คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**
**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**
2555


**ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**

**ชื่อปริญญานิพนธ์** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร ด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง กรณีศึกษา : โรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

**ชื่อ นามสกุล** นางสาวณัฐชา สิทธิศรี
นางสาวนัถตา สุภาพ
นางสาวอัจฉรา สุดรุ่ง

**ชื่อปริญญา** วิทยาศาสตรบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

**คณะ** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์สลักจิต พุกจรูญ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

อาจารย์ประยุทธ สุวรรณศรี
ประธานกรรมการ

อาจารย์วรนุช ดีละมัน
กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สลักจิต พุกจรูญ
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

**ชื่อปริญญานิพนธ์** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร ด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง กรณีศึกษา : โรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

**ชื่อ นามสกุล** นางสาวณัฐชา สิทธิศรี
นางสาวนัถตา สุภาพ
นางสาวอัจฉรา สุดรุ่ง

**ชื่อปริญญา** วิทยาศาสตรบัณฑิต
**สาขาวิชา** วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
**คณะ** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
**ปีการศึกษา** 2555

## บทคัดย่อ

จากการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง กรณีศึกษา : โรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เพื่อเป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย โดยผลิตน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในอัตราส่วน หัวเชื้อน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) : กากน้ำตาล : ผลไม้ : น้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1 : 1 : 2 : 20 ลิตร (กลุ่มทดลอง) และหัวเชื้อน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) : กากน้ำตาล : น้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1 : 1 : 20 ลิตร (กลุ่มควบคุม) ตามลำดับ โดยใส่ปริมาณน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) แต่ละชนิด ในการบำบัดน้ำเสียในอัตราส่วน 1 : 1,000 (น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 1 ส่วน : น้ำเสีย 1,000 ส่วน) ในการทดลองใช้ตัวอย่างน้ำเสีย 10 ลิตร และใส่น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทุก 3 วัน วันละ 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยจะเก็บตรวจตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทุก 7 วัน พารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจวัดได้แก่ บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย น้ำมันและไขมัน ความเป็นกรด-ด่าง สีและกลิ่น

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียพบว่า น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมสามารถลดค่าบีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอยของตัวอย่างน้ำเสียได้ดีที่สุด และปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เข้าใกล้ 7 มากที่สุด น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง สามารถลดค่าซีโอดี และปริมาณน้ำมันและไขมันของตัวอย่างน้ำเสียได้ดีที่สุด และมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์

มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม ฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) และกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) ในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 มีค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณน้ำมันและไขมัน และค่าความเป็นกรด-ด่าง จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากการวิเคราะห์สีและกลิ่นของตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า ผลการวิเคราะห์สีและกลิ่นจากตัวอย่างน้ำเสียทั้งก่อนและหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด มีลักษณะเหมือนกัน คือ มีสีเหลืองใสและมีกลิ่นเหม็น

**Independent Study Title** A Comparison Efficiency of Cafeteria Wastewater Treatment with EM Produced by Banana, Watermelon and Guava Case Study: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon Cafeteria (North Bangkok Campus)

**Author** Natthacha Sithisri
Nutta Suphap
Autchara Soodrung

**Degree** Bachelor of Science
**Major program** Environmental Sciences and Natural Resources
Faculty of Science and Technology
**Academic year** 2012

# ABSTRACT

A Comparison Efficiency of Cafeteria Wastewater Treatment with EM Produced by Banana, Watermelon and Guava Case Study : Rajamangala University of Technology Phra Nakhon Cafeteria ( North Bangkok Campus) has the objective to compare the efficiency of wastewater treatment by using the EM microbe for the Cafeteria that has no waste water treatment system. The treatment solution was leavening agent EM : Molasses : Fruits : Water in the ratio 1 : 1 : 2 : 20 liters (as an experimental group) and leavening agent EM : Molasses : Water in the ratio 1 : 2 : 20 liters (as a control group). respectively and mixed each solution set in wastewater treatment ratio of 1 : 1,000 (EM 1 part : wastewater 1,000 part) . In the experiment, use the 10 liters of wastewater sampling and added the EM microbe solution every 3 days, 10 ml per a day, and daily for 3 weeks. Collecting the wastewater every 7 day. Parameters in this experiment are BOD, COD, SS, Oil and Grease, pH, Color and Odor.

The comparison showed that the EM made from watermelon can reduce the BOD and SS of wastewater is the best. And adapt the most of pH to pH 7. The EM make from guava can reduce the COD, Oil and Grease is the best. The results were in

the standards of sewage release of the building type B. In the 1st, 2nd and 3rd week, the BOD, COD, SS, Oil and Grease, and pH from the waste water treatment with EM microbe that make from Banana, Watermelon and Guava ( as a Experimental group) and molasses (as a Control group) only are statistically different at the .05 level. By the way, the Color and Odor of the waste water analysis, before and after treatment with EM microbe 4 species still have yellow color and bad smell.

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณา และความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากคณาจารย์หลายท่าน คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สลักจิต พุกจรูญ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และอาจารย์พลกฤษณ์ คุ้มกล่ำ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด ตลอดจนช่วยตรวจสอบ แก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความรัก และเคารพยิ่ง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประยุทธ สุวรรณศรี ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และอาจารย์วรนุช ดีละมัน กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และข้อเสนอแนะ ที่มีคุณค่า ตลอดจนตรวจสอบ แก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์นฤดี สมิทธ์ปรีชา และ อาจารย์ภัทริกา สูงสมบัติ ที่สละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณคณะครูบาอาจารย์ที่เคยอบรม สั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ความสามารถต่าง ๆ ให้แก่คณะผู้วิจัยทั้งในอดีต และปัจจุบัน จนคณะผู้วิจัยสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้มอบทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 เพื่อเป็นทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และสนับสนุนตลอดจนเป็นแรงผลักดัน และกำลังใจแก่คณะผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ณัฐชา สิทธิศรี
นัถตา สุภาพ
อัจฉรา สุดรุ่ง

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | (ก) |
| Abstract | (ค) |
| กิตติกรรมประกาศ | (จ) |
| สารบัญ | (ฉ) |
| สารบัญตาราง | (ญ) |
| สารบัญแผนภูมิ | (ฐ) |
| สารบัญภาพ | (ฑ) |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย | 3 |
| 1.3 กรอบแนวความคิดในการศึกษา | 4 |
| 1.4 วัตถุประสงค์โครงการ | 5 |
| 1.5 ขอบเขตของโครงการ | 5 |
| 1.6 สมมติฐานในการวิจัย | 6 |
| 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 6 |
| 1.8 นิยามศัพท์ | 7 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 9 |
| 2.1 น้ำเสีย | 9 |
| 2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย | 9 |
| 2.1.2 แหล่งกำเนิดน้ำเสีย | 10 |
| 2.1.3 ลักษณะของน้ำเสีย | 11 |
| 2.1.4 การบำบัดน้ำเสีย | 11 |
| 2.1.5 น้ำเสียจากโรงอาหาร | 15 |
| 2.2 จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) | 18 |
| 2.2.1 ประเภทของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) | 18 |
| 2.2.2 การเจริญของจุลินทรีย์ | 21 |
| 2.2.3 ลักษณะทั่วไปของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) | 22 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 2.2.4 การเก็บรักษาน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) | 23 |
| 2.2.5 ข้อสังเกตลักษณะเฉพาะของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) | 24 |
| 2.2.6 ประโยชน์ของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) โดยทั่วไป | 24 |
| 2.2.7 การบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) | 25 |
| 2.3 ผลไม้ และกากน้ำตาลที่ใช้ในการผลิตน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) | 34 |
| 2.3.1 กล้วย | 34 |
| 2.3.2 แตงโม | 36 |
| 2.3.3 ฝรั่ง | 39 |
| 2.3.4 กากน้ำตาล | 40 |
| 2.4 พารามิเตอร์ที่ศึกษา | 42 |
| 2.4.1 บีโอดี | 42 |
| 2.4.2 ซีโอดี | 43 |
| 2.4.3 ของแข็งแขวนลอย | 44 |
| 2.4.4 น้ำมันและไขมัน | 45 |
| 2.4.5 ความเป็นกรด-ด่าง | 47 |
| 2.4.6 สีและกลิ่น | 48 |
| 2.5 การเก็บตัวอย่างน้ำ | 49 |
| 2.5.1 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ | 49 |
| 2.5.2 ภาชนะที่เก็บน้ำเสีย | 51 |
| 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 51 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการ | 56 |
| 3.1 รูปแบบการศึกษา | 56 |
| 3.2 ตัวอย่างน้ำเสีย | 56 |
| 3.3 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการศึกษา | 56 |
| 3.3.1 วัสดุสำหรับการศึกษา | 56 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 3.3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการศึกษา | 56 |
| 3.4 ขั้นตอนการศึกษา | 57 |
| 3.4.1 ขั้นเตรียมการ | 57 |
| 3.4.2 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล | 58 |
| 3.4.3 วิเคราะห์ผล | 64 |
| 3.4.4 สรุปและนำเสนอ | 75 |
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล | 76 |
| 4.1 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ | 76 |
| 4.1.1 ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ | 76 |
| 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ | 79 |
| 4.2.1 คุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัด | 79 |
| 4.2.2 คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัด | 80 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) | 91 |
| 4.3.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าบีโอดี | 91 |
| 4.3.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าซีโอดี | 96 |
| 4.3.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณของแข็งแขวนลอย | 101 |
| 4.3.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณน้ำมันและไขมัน | 106 |
| 4.3.5 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าความเป็นกรด-ด่าง | 111 |
| 4.4 แนวทางในการบำบัดน้ำเสีย | 116 |
| 4.5 การอภิปรายผล | 116 |
| บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ | 118 |
| 5.1 สรุปผล | 118 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 120 |
| 5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้ | 120 |
| 5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับในการวิจัยครั้งต่อไป | 120 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| เอกสารอ้างอิง | 121 |
| ภาคผนวก | 126 |
| ภาคผนวก ก ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด | 127 |
| ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ | 134 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน | 172 |

# สารบัญตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | แสดงคุณค่าทางโภชนาการของกล้วย | 36 |
| 2.2 | แสดงคุณค่าทางโภชนาการของแตงโม | 38 |
| 2.3 | แสดงคุณค่าทางโภชนาการของฝรั่ง | 40 |
| 2.4 | แสดงส่วนประกอบของกากน้ำตาล | 41 |
| 2.4 | แสดงส่วนประกอบของกากน้ำตาล (ต่อ) | 42 |
| 3.1 | แสดงวิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ | 64 |
| 4.1 | แสดงคุณภาพน้ำก่อนการบำบัด | 79 |
| 4.2 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยบีโอดี | 80 |
| 4.3 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยซีโอดี | 82 |
| 4.4 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอย | 84 |
| 4.5 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมัน | 86 |
| 4.6 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง | 88 |
| 4.7 | แสดงผลการเปรียบเทียบสีและกลิ่น | 90 |
| 4.8 | แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยบีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ใน 3 สัปดาห์ | 92 |
| 4.9 | แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าบีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1 | 93 |
| 4.10 | แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าบีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 2 | 94 |
| 4.11 | แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าบีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 3 | 95 |
| 4.12 | แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยซีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสีย ที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ทั้ง 3 สัปดาห์ | 97 |
| 4.13 | แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าซีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1 | 98 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตาราง** **หน้า**

4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าซีโอดี 99
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 2
4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าซีโอดี 100
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 3
4.16 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอย 102
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ทั้ง 3 สัปดาห์
4.17 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของปริมาณของแข็งแขวนลอย 103
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1
4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของปริมาณของแข็งแขวนลอย 104
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 2
4.19 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของปริมาณของแข็งแขวนลอย 105
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 3
4.20 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมัน 107
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ทั้ง 3 สัปดาห์
4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของปริมาณน้ำมันและไขมัน 108
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1
4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของปริมาณน้ำมันและไขมัน 109
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 2
4.23 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของปริมาณน้ำมันและไขมัน 110
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 3
4.24 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง 112
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ทั้ง 3 สัปดาห์
4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง 113
จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วย น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตาราง** **หน้า**

4.26 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 2 114

4.27 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 3 115

# สารบัญแผนภูมิ


| แผนภูมิ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | แสดงกรอบแนวคิดเดิมของขบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร | 3 |
| 1.2 | แสดงกรอบแนวคิดในการปรับปรุงขบวนการบำบัดน้ำเสีย | 4 |
| 2.1 | แสดงขบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร | 17 |
| 3.1 | แสดงแผนผังขั้นตอนการทดลองการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) | 63 |

# สารบัญภาพ


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | แสดงโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) | 16 |
| 2.2 | แสดงการระบายน้ำเสียของโรงอาหาร | 17 |
| 2.3 | แสดงกราฟการเติบโตของจุลินทรีย์เซลล์เดี่ยว | 22 |
| 2.4 | แสดงภาพกล้วย | 35 |
| 2.5 | แสดงภาพแตงโม | 37 |
| 2.6 | แสดงภาพฝรั่ง | 39 |
| 3.1 | แสดงผลไม้ปั่น | 59 |
| 3.2 | แสดงน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) | 60 |
| 3.3 | แสดงจำนวนตัวอย่างน้ำเสีย 12 ถัง (4 ชุดการทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ) | 61 |
| 4.1 | แสดงบริเวณบ่อพักน้ำเสียรวมของโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) | 76 |
| 4.2 | แสดงตัวอย่างน้ำเสียก่อนการบำบัด | 77 |
| 4.3 | แสดงตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล(กลุ่มควบคุม) ฝรั่ง แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในสัปดาห์ที่ 1 | 77 |
| 4.4 | แสดงตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) ฝรั่ง แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในสัปดาห์ที่ 2 | 78 |
| 4.5 | แสดงตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) ฝรั่ง แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในสัปดาห์ที่ 3 | 78 |
| 4.6 | แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าบีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร ก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ | 81 |
| 4.7 | แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร ก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ | 83 |
| 4.8 | แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอย ของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร ก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ | 85 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)

**ภาพ** **หน้า**

4.9 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันและไขมัน ของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร ก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ 87

4.10 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร ก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ 89

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันปัญหาน้ำเสียได้ทวีความรุนแรงขึ้น เนื่องจากการปล่อยน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน และเกษตรกรรม เป็นต้น น้ำเสียถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยปราศจากการบำบัด ทำให้แหล่งน้ำนั้นเกิดสภาพเน่าเสีย เนื่องจากความสกปรกของน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ มีปริมาณมากทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ น้ำเสียจึงเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคต่าง ๆ ทำให้เกิดความรำคาญ ส่งกลิ่นเหม็น ทำลายทัศนียภาพ การบำบัดน้ำเสียเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำเสียมีหลายวิธี แต่มีเป้าหมายเหมือนกัน คือ เพื่อลดความสกปรกของแหล่งน้ำ การบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จะใช้งบประมาณในการบำบัดสูง เพราะต้องใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย และมีประสิทธิภาพสูงมาใช้จึงสามารถบำบัดน้ำเสียได้เป็นอย่างดี

การบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมีอยู่หลายวิธีขึ้นอยู่กับว่าจะเลือกใช้วิธีใดจึงจะเหมาะสมในการกำจัดหรือบำบัดน้ำเสีย โดยพิจารณาถึงลักษณะของน้ำเสีย สภาพของท้องถิ่น ตลอดจนประสิทธิภาพ และการใช้งบประมาณอย่างประหยัดในการบำบัดน้ำเสีย น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ควรจะใช้วิธีแบบชีววิทยาบำบัด เนื่องจากน้ำเสียเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีววิทยา ซึ่งจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มีคุณสมบัติในการย่อยสลายความสกปรกที่มีอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน และสถานประกอบการทั่วไป น้ำมันและไขมัน ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียจัดเป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่ง หากนำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มากำจัดหรือบำบัดจะทำให้น้ำเสียมีคุณภาพที่ดีขึ้นได้ และไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ (ไกรสร มะโน, สุภลักษณ์ พรหมรับ และเพ็ญภักดิ์ สุริยะเสน, 2550)

แนวทางในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียมีหลายแนวทาง ทั้งในกรณีเร่งด่วน หรือตามธรรมชาติ ซึ่งวิธีใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพหรืออีเอ็ม (EM) ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่นำหลักการตามธรรมชาติมาใช้ แต่การใช้ต้องคำนึงถึงสภาพของแหล่งน้ำเสียให้เหมาะสมกับชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ อัตราส่วนการใช้ให้เหมาะสมกับการเน่าเสียของแหล่งน้ำ เป็นต้น (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, 2548)

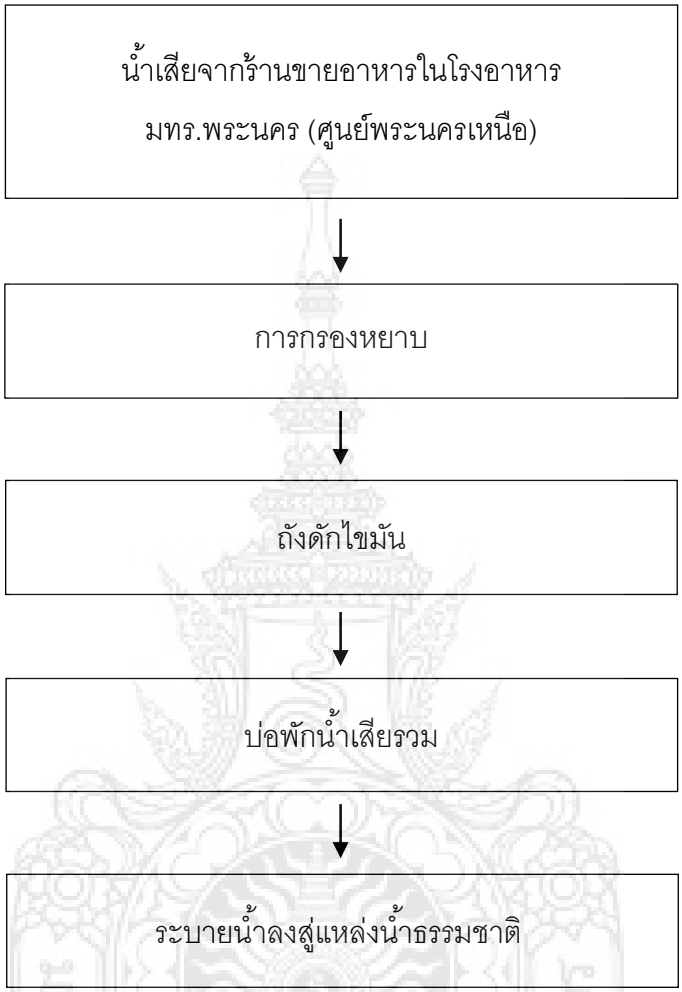
หลักการใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพหรืออีเอ็ม (EM) คือ ต้องเป็นจุลินทรีย์ที่ช่วยปรับสมดุลของสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีววิทยา แต่ในสถานการณ์ที่เร่งด่วนสามารถ

พิจารณาจากความสามารถในการลดกลิ่นเหม็นเน่าของน้ำเสียภายในระยะเวลา 3-5 วัน แต่ขึ้นอยู่กับสภาพของแหล่งน้ำนั้น (กรมชลประทาน, 2555)

แม้ว่าในธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ช่วยย่อยสลายสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้โดยใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำช่วยในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ แต่ปัจจุบันน้ำเสียมีการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกจำนวนมากเกินกว่าที่จุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในแหล่งน้ำจะช่วยบำบัดน้ำเสียได้ ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพหรือจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เติมลงไปในแหล่งน้ำเสียเพื่อช่วยให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มีการนำเข้ามาเผยแพร่ และใช้กันอย่างแพร่หลายในหมู่เกษตรกรไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 ในปัจจุบันมีการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) กันอย่างกว้างขวาง เพื่อลดปัญหาสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม และมีการผลิตจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากวิธีการผลิตไม่ยุ่งยาก และสามารถใช้วัสดุเหลือทิ้งเป็นวัสดุเริ่มต้นในการหมักได้ (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2547)

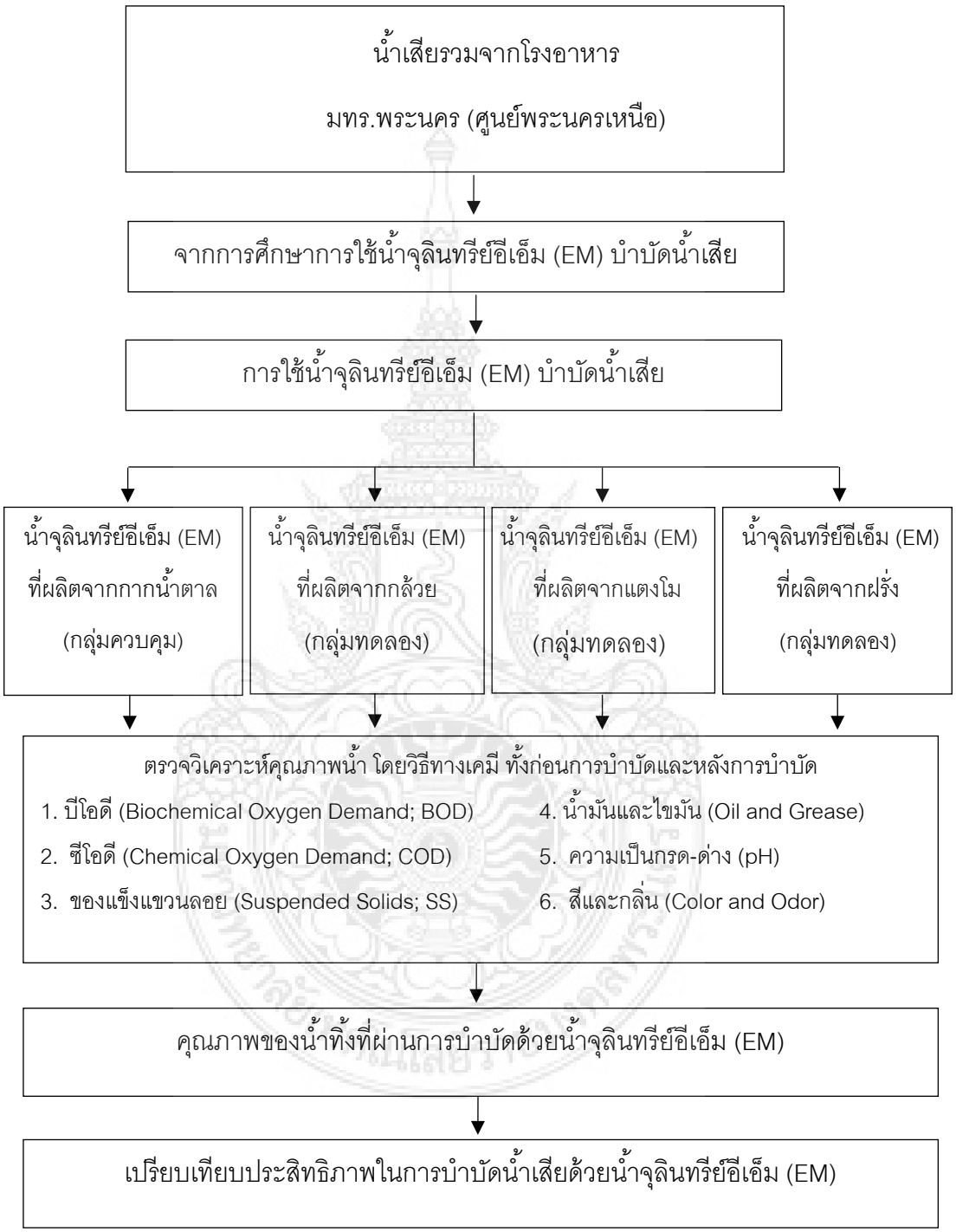
คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะผลิตน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์ ซึ่งจะทำการผลิตน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์ สาเหตุที่เลือกใช้กล้วย แตงโม และฝรั่ง ในการวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้ เนื่องจากผลไม้ดังกล่าว หาง่าย มีราคาถูก และเพื่อเป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์ในสถานที่ที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพน้ำดีขึ้น คณะผู้วิจัยจึงทำการวิจัยเชิงทดลองในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ซึ่งเป็นหน่วยงานการศึกษาแห่งหนึ่งที่มีการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ทำให้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

## 1.2 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย




**แผนภูมิ** 1.1 แสดงกรอบแนวคิดเดิมของขบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร

## 1.3 กรอบแนวความคิดในการศึกษา




**แผนภูมิ** 1.2 แสดงกรอบแนวคิดในการปรับปรุงขบวนการบำบัดน้ำเสีย

## 1.4 วัตถุประสงค์โครงการ

1.4.1 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร ที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย

## 1.5 ขอบเขตของโครงการ

1.5.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง

1.5.2 น้ำเสียที่นำมาศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นน้ำเสียที่มาจากบริเวณบ่อพักน้ำเสียรวม ของโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวม

1.5.3 สร้างหัวเชื้อน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง)

1.5.4 วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) และทำการตรวจสอบความแตกต่างรายคู่ของค่าเฉลี่ยแบบ Scheffe โดยได้ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (Replications) และใช้ 4 วิธีการทดลอง (Treatments) ดังนี้

<u>กลุ่มควบคุม</u>

- กลุ่มที่ใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลในการบำบัดน้ำเสีย

<u>กลุ่มทดลอง</u>

- กลุ่มที่ใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยในการบำบัดน้ำเสีย
- กลุ่มที่ใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมในการบำบัดน้ำเสีย
- กลุ่มที่ใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่งในการบำบัดน้ำเสีย

1.5.5 ปริมาณน้ำเสียที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ใส่ตัวอย่างน้ำเสียในถังการทดลอง จำนวนถังละ 10 ลิตร เป็นจำนวน 12 ถัง และใส่ปริมาณน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) แต่ละชนิดในการบำบัดน้ำเสีย ในอัตราส่วน 1 : 1,000 (น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 1 ส่วน : น้ำเสีย 1,000 ส่วน โดยใส่น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทุก 3 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์

โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในทุก 7 วัน เพื่อวิเคราะห์ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข.

1.5.6 พารามิเตอร์ที่ศึกษา

1.5.6.1 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

1.5.6.2 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD)

1.5.6.3 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; SS)

1.5.6.4 น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)

1.5.6.5 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

1.5.6.6 สีและกลิ่น (Color and Odor)

1.5.7 เวลา และสถานที่ ที่ใช้ในการทำวิจัย ระยะเวลาตั้งแต่เดือนธันวาคม 2555 - พฤษภาคม 2556 เป็นเวลา 6 เดือน โดยใช้ห้องปฏิบัติการของบริษัท เอ็นไวรอนเมนท์ รีเสิร์ชแอนด์เทคโนโลยี จำกัด และห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) เป็นสถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย ทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด เป็นเวลา 3 สัปดาห์

## 1.6 สมมติฐานในการวิจัย

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากผลไม้มีคุณภาพดีกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล เนื่องจากในผลไม้มีเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ ไลเปส และเอนไซม์อะไมเลส เป็นต้น ซึ่งเอนไซม์ช่วยเร่งปฏิกิริยา เป็นอาหารของจุลินทรีย์ เพื่อช่วยให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เพื่อให้จุลินทรีย์ช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเสียให้มีปริมาณลดลง จึงสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีกว่าน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล ซึ่งน่าที่จะเป็นวิธีในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารได้

## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทราบถึงคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง ที่นำมาศึกษาวิจัยเชิงทดลอง

1.7.2 สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง ที่ผลิตขึ้นมามีประสิทธิภาพอย่างไร

1.7.3 เป็นข้อมูลในการนำไปประยุกต์ใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

## 1.8 นิยามศัพท์

1.8.1 น้ำเสียโรงอาหาร หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหาร และชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในโรงอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) เป็นน้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ อยู่เป็นจำนวนมาก จนทำให้เกิดน้ำเน่าเสียจนไม่สามารถนำน้ำนั้นกลับมาใช้ประโยชน์ได้ดีเท่าที่ควร

1.8.2 การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การลดความสกปรกของแหล่งน้ำเสียนั้น ทำให้ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณน้ำมันและไขมัน ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียให้มีปริมาณลดลง ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็นกลาง และสามารถปรับสภาพของสี และกลิ่นให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นที่น่ารังเกียจได้ เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งรองรับน้ำตามธรรมชาติแล้ว ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ ในการวิจัยครั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การเติมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ลงไปเพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

1.8.3 น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง

1.8.4 น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) หมายถึง น้ำจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective-Microorganisms หรือ EM) เป็นน้ำที่ได้จากการหมักโดยมีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ

1.8.4.1 หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพหรือจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) กลุ่มยีสต์ (Yeasts) ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพที่ใช้ในการหมัก (Zynogumic or Fermented - Microorganisms)

1.8.4.2 น้ำสะอาดปราศจากคลอรีน

1.8.4.3 กากน้ำตาล

1.8.4.4 ผลไม้ ได้แก่ กล้วย แตงโม และฝรั่ง โดยนำไปหมัก

โดยน้ำจุลินทรีย์ที่ได้นั้นจะมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล มีกลิ่นหวานอมเปรี้ยว ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการบำบัดมลพิษในน้ำเสียได้

1.8.5 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย หมายถึง ความสามารถของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในการบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยสามารถปรับดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณน้ำมันและไขมัน ให้มีปริมาณลดลง สามารถปรับค่าความเป็น

กรด-ด่าง ให้มีสภาพเป็นกลาง และสามารถปรับสภาพของสี และกลิ่นให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นที่น่ารังเกียจได้

1.8.6 หัวเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) หมายถึง น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) สำเร็จรูปชนิดแกลลอนขนาดบรรจุ 1 ลิตร ที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด และสามารถนำไปขยายต่อได้ ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลว มีสีน้ำตาล มีกลิ่นหวานอมเปรี้ยว ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) สำเร็จรูปยี่ห้ออีเอ็ม เอ็กซ์ตร้า (EM Extra)

1.8.7 อัตราส่วน หมายถึง อัตราส่วนของการใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ต่อน้ำเสีย

1.8.8 พารามิเตอร์ในการตรวจคุณภาพน้ำ หมายถึง ดัชนีหรือตัวชี้วัดคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำเสียจากโรงอาหาร

1.8.9 อาคารประเภท ข. หมายถึง อาคารของสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ ที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร ในที่นี้หมายถึง โรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความรู้เรื่องต่าง ๆ หลายเรื่องซึ่งต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ประกอบการพิจารณาอ้างอิง และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน จึงกำหนดหัวข้อความรู้ใหญ่ ๆ ไว้ 6 หัวข้อคือ

2.1 น้ำเสีย

2.2 จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

2.3 ผลไม้ และกากน้ำตาลที่ใช้ในการผลิตน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

2.4 พารามิเตอร์ที่ศึกษา

2.5 การเก็บตัวอย่างน้ำ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 น้ำเสีย

### 2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสีย ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพที่เป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปน หรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์ (2552) ได้กล่าวว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ได้ผ่านการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ แล้ว ตัวอย่างเช่น การใช้น้ำในชีวิตประจำวันของประชาชน เช่น ใช้ในการอุปโภค บริโภค การประกอบอาหาร และการชำระล้างร่างกาย เป็นต้น และการใช้น้ำในทางอุตสาหกรรม เช่น การล้างวัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ การหล่อเย็น เป็นต้น ซึ่งทำให้น้ำดังกล่าวมีลักษณะต่างไปจากเดิม เนื่องจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก สิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ใช้ประโยชน์จากน้ำนั้น นอกจากนี้แล้วสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำเสียมีลักษณะสมบัติแตกต่างกันออกไป

ฉัตรไชย รัตนไชย (2539) ได้กล่าวว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์มาแล้วซึ่งอาจเป็นการใช้ประโยชน์ในบ้านเรือน ในการเกษตร หรือในอุตสาหกรรมต่าง ๆ การใช้น้ำเหล่านี้จะทำให้น้ำมีคุณสมบัติต่างไปจากเดิม เช่น มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป หรือมีสิ่งเจือปนเพิ่มขึ้น

ชนิด และความเข้มข้นของสิ่งเจือปนขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำ เช่น น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนมักจะมีปริมาณสารอินทรีย์สูง น้ำเสียจากการเกษตรจะมีไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ตลอดจนมีสารพิษจากสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรปะปนอยู่มาก ส่วนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีลักษณะพิเศษขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม เป็นต้น

อานัฐ ตันโช (2554) ได้กล่าวว่า น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณสูงจนเกินความสามารถของธรรมชาติที่จะบำบัดด้วยตัวของมันเองให้กลับฟื้นคืนสู่สภาพปกติทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่นเปลี่ยนไปจากเดิม คือ สูญเสียคุณสมบัติในการเป็นประโยชน์ของน้ำ หรือไม่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ประโยชน์ในฐานะของน้ำที่ถูกสุขอนามัยต่อมนุษย์ได้อีกต่อไป นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบด้านลบต่อระบบนิเวศ และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเสียนั้น หรือที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านกระบวนการใช้ประโยชน์มาแล้ว มีผลทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากคุณสมบัติเดิม และส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตรวมทั้งสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ของระบบนิเวศ

**2.1.2 แหล่งกำเนิดน้ำเสีย**

โดยน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักตามกิจกรรมที่แหล่งกำเนิด ดังนี้

2.1.2.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน (Domestic Wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของประชาชนในชุมชน โดยมีแหล่งกำเนิดมาจากอาคาร บ้านเรือน ร้านค้าพาณิชยกรรม ตลาดสด ร้านอาหาร สถาบันการศึกษา สถานที่ราชการ โรงแรม โรงเรียน และห้างสรรพสินค้า เป็นต้น น้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่จะมีปริมาณสารอินทรีย์ (Organic Matter) ที่ย่อยสลายโดยกระบวนการทางธรรมชาติปนเปื้อนในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังปนเปื้อนไปด้วยฟอสเฟต (Phosphate) จากการใช้สารซักฟอก รวมทั้งแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มด้วย

2.1.2.2 น้ำเสียจากการเกษตร (Agricultural Wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมทางการเกษตรที่รวมถึงการเพาะปลูก และเลี้ยงสัตว์ เช่น น้ำเสียจากการทำความสะอาดคอกสัตว์ และการทำนาข้าว เป็นต้น โดยน้ำเสียจากเกษตรกรรมส่วนใหญ่ จะมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ (Organic Matters) ซึ่งรวมถึงสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติ เช่น กลุ่มของสารกำจัดศัตรูพืช และยาปฏิชีวนะ เป็นต้น และสารอนินทรีย์ (Inorganic Matters) เช่น แอมโมเนีย และธาตุอาหารต่าง ๆ เป็นต้น

2.1.2.3 น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) เป็นน้ำเสียที่ได้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ซึ่งรวมถึงน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต น้ำทิ้งจากกระบวนการหล่อเย็น น้ำทิ้งจากกระบวนการชะล้าง และน้ำทิ้งจากกิจกรรมอื่น ๆ เช่น น้ำทิ้งที่เกิดจากการใช้น้ำของบุคลากร และจากโรงอาหาร เป็นต้น น้ำเสียประเภทนี้ประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยมีองค์ประกอบแตกต่างกันไปตามประเภทของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ซึ่งอาจเป็นผลผลิตการเกษตร สารอินทรีย์เคมี หรือโลหะหนัก เป็นต้น ลักษณะสมบัติ และอัตราการไหลของน้ำเสียอุตสาหกรรมมีความแปรผันของเสียสูงมาก เนื่องจากในบางเวลาการใช้น้ำในโรงงานเป็นเพียงการอุปโภคของพนักงานเท่านั้น และในบางช่วงเวลาอาจใช้น้ำในกระบวนการผลิต (สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์, 2550)

**2.1.3 ลักษณะของน้ำเสีย**

ลักษณะของน้ำเสียแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ

2.1.3.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Characteristics of Wastewater) หมายถึง สสารที่อยู่ในน้ำเสียที่จำแนกออกได้ในรูปของของแข็งในฟอร์มต่าง ๆ กลิ่น อุณหภูมิ สี และความขุ่น ซึ่งแต่ละลักษณะจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกัน และกันมากน้อยไม่เท่าเทียมกัน เพื่อช่วยให้สามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำเสียในทางกายภาพได้

2.1.3.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี (Chemical Characteristics of Wastewater) หมายถึง สสารที่อยู่ในน้ำเสียซึ่งจำแนกออกได้เป็นรูปของสารอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน น้ำมันและไขมัน นิยมทำการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของบีโอดี ซีโอดี ทีโอซี น้ำมันและไขมัน และสารอนินทรีย์ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง คลอไรด์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โลหะหนัก และก๊าซที่ละลายน้ำ

2.1.3.3 ลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological Characteristics of Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่มีส่วนประกอบทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย (Bacteria) รา (Fungi) สาหร่าย (Algae) โปรโตซัว (Protozoa) และไวรัส (Virus) เป็นต้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

**2.1.4 การบำบัดน้ำเสีย**

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การดำเนินงานเปลี่ยนสภาพของน้ำเสียให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมพอที่จะไม่ทำให้เกิดปัญหาต่อแหล่งรับน้ำเสียนั้น ๆ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2552)

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไป หรือเหลือน้อยที่สุดให้ได้ตามค่ามาตรฐานกำหนด และไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาลัยมหิดล, 2555)

การบำบัดน้ำเสียเป็นการกำจัดสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียซึ่งมีวิธีการ และกระบวนการที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ และประเภทของน้ำเสีย หากกล่าวถึงน้ำเสียโดยทั่วไปที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ ด้วยกระบวนการทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจน หรือชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน สามารถแสดงดังสมการ ดังนี้

การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน

สารอินทรีย์ในน้ำเสีย + ออกซิเจน + สารอาหาร $\longrightarrow$ $CO_2$ + แอมโมเนีย + จุลินทรีย์ + อื่น ๆ ..... (1)

จุลินทรีย์ + ออกซิเจน $\longrightarrow$ $CO_2$ + น้ำ + แอมโมเนีย + พลังงาน ..... (2)

การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน

สารอินทรีย์ในน้ำเสีย + จุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจน $\longrightarrow$ $CO_2$ + ก๊าซมีเทน + จุลินทรีย์ใหม่ + อื่น ๆ .. (3)

2.1.4.1 วิธีการบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment)

วิธีการบำบัดน้ำเสียแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

ก) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ (Physical Wastewater Treatment) เป็นการใช้หลักการทางกายภาพในการบำบัดน้ำเสีย เช่น แรงโน้มถ่วง แรงเหวี่ยง แรงหนีศูนย์กลาง เป็นต้น เพื่อกำจัดหรือขจัดเอาสิ่งสกปรกออกจากน้ำเสีย โดยเฉพาะสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ เป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นแรกที่ถูกนำมาใช้ก่อนที่น้ำเสียจะถูกนำไปบำบัดขั้นต่อไปจนกว่าจะมีคุณภาพดีพอที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ การกรองด้วยตะแกรง (Screening) การทำให้ลอย (Flotation) การตัดย่อย (Comminuting) การปั่นด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifugal Spinning) การตกตะกอน (Sedimentation) และการกรอง (Filtration) เป็นต้น

ข) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี (Chemical Wastewater Treatment) เป็นการใช้สารเคมี หรือการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) เพื่อรวมตะกอน หรือของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กในน้ำเสียให้มีขนาดโตพอที่จะตกตะกอนได้ง่าย ซึ่งเรียกตะกอนดังกล่าวว่า Floc และเรียกกระบวนดังกล่าวว่า การสร้างตะกอน (Coagulation) และการรวมตะกอน (Flocculation)

2) เพื่อทำให้ของแข็งที่ละลายในน้ำเสียกลายเป็นตะกอน หรือทำให้ไม่สามารถละลายน้ำได้ เรียกกระบวนดังกล่าวว่า การตกตะกอนผลึก (Precipitation)

3) เพื่อทำการปรับสภาพน้ำเสียให้มีความเหมาะสมที่จะนำไปบำบัดด้วยกระบวนการอื่นต่อไป เช่น การทำให้น้ำเสียมีความเป็นกลางก่อน แล้วนำไปบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ เป็นต้น

4) เพื่อทำลายเชื้อโรคในน้ำเสีย ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือก่อนที่จะบำบัดด้วยวิธีการอื่น ๆ ต่อไป

โดยทั่วไปแล้วการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีนี้ มักจะทำร่วมกันกับหน่วยบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ตัวอย่างเช่น กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีโดยการใช้สารเคมีเพื่อทำให้ตกตะกอน เป็นต้น ในปัจจุบันนี้การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ส่วนใหญ่เป็นการทำให้ตกตะกอน อาศัยสารเคมีทำให้เป็นกลาง และทำลายเชื้อโรค การตกตะกอนโดยใช้สารเคมี (Chemical Coagulation หรือ Precipitation) เป็นการเติมสารเคมี (Coagulant) ลงไปเพื่อเปลี่ยนสถานะทางกายภาพของของแข็งแขวนลอยที่มีขนาดเล็กให้รวมกันมีขนาดใหญ่ขึ้น

ค) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ (Biological Wastewater Treatment) เป็นการใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวช่วยในการเปลี่ยนสภาพของของเสียในน้ำให้อยู่ในสภาพที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทในการช่วยเปลี่ยนสภาพสิ่งสกปรกในน้ำเสีย คือ พวกจุลินทรีย์ ได้แก่ พวกแบคทีเรีย (Bacteria) รา (Fungi) สาหร่าย (Algae) โปรโตซัว (Protozoa) และโรติเฟอร์ (Rotifer) จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการบำบัดน้ำเสีย คือ พวกแบคทีเรีย

ระบบบำบัดน้ำเสียเสียทางชีวภาพที่ใช้สำหรับน้ำเสียชุมชนในประเทศไทย ได้แก่

1) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส (Activated Sludge; AS) และระบบดัดแปลงต่าง ๆ ระบบเอเอสเป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีวภาพ ที่อาศัยจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียมีองค์ประกอบหลัก คือ ถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศจะอาศัยสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหาร และออกซิเจนจากการเติมอากาศในถังเติมอากาศ เพื่อการเจริญเติบโต และเพิ่มปริมาณกลายเป็นสลัดจ์ จากนั้นน้ำเสียจะถูกส่งเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกน้ำใสให้ไหลล้นออกมาสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส และยังสามารถแยกย่อยต่าง ๆ ได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับการจัดวาง และรูปแบบของถังเติมอากาศที่ใช้ในประเทศไทย เช่น

- ระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor; SBR) มีถังเติมอากาศ และมีถังตกตะกอนรวมอยู่ในถังเดียวกัน โดยอาศัยการทำงานเป็นรอบ

- ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch Process; ODP) น้ำเสีย และสลัดจ์จะถูกกักเก็บในถังเติมอากาศที่มีลักษณะเป็นคลองวนเวียนวงรีทำด้วยคอนกรีต มีหลักการทำงาน คือ

น้ำเสียจะไหลผ่านคลองวนเวียนไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกน้ำ และตะกอน น้ำใสก็จะไหลไปยังระบบบำบัดขั้นสุดท้ายก่อนปล่อยทิ้ง ส่วนตะกอนก้นถังจะถูกสูบกลับไปยังคลองวนเวียนเพื่อทำการบำบัดใหม่

2) ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contractor; RBC) เป็นระบบให้น้ำเสียไหลผ่านตัวกลางทรงกระบอกที่วางอยู่ในถังบำบัด จุลินทรีย์ที่ติดอยู่ที่ตัวกลางจะทำหน้าที่บำบัดโดยใช้ออกซิเจนในอากาศ

3) ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) เช่น

- บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond) โดยอินทรีย์สารในน้ำเสียจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน ผลผลิตที่ได้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) มีเทน (Methane) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide) หรือก๊าซไข่เน่า

- บ่อแอโรบิค (Aerobic Ponds) อินทรีย์สารในน้ำเสียจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจึงทำให้ได้ก๊าซออกซิเจน

- บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) หลักการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ใน น้ำเสียจะเป็นแบบใช้ออกซิเจน ที่ผิวด้านบนที่แดดส่องถึง และเป็นแบบไร้ออกซิเจนที่ก้นบ่อ

- บ่อบ่ม (Maturation Pond) ใช้รองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดต่าง ๆ มาแล้ว

4) ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) หลักการทำงานต้องอาศัยจุลินทรีย์เหมือนกับบ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Ponds) มีเครื่องเติมอากาศผิวน้ำแบบทุ่นลอย หรือยึดติดกับที่แทน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับจุลินทรีย์ การเติมอากาศสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ การผสมแบบสมบูรณ์ทั่วทั้งบ่อ และการผสมเพียงบางส่วน

5) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands) เป็นระบบบำบัดที่จำลองแบบพื้นที่ชุ่มน้ำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยการอัดดินให้แน่นเพื่อปลูกพืชจำพวกกก แฝก ธูปฤาษี เป็นต้น สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ แบบน้ำไหลบนผิวดิน และแบบน้ำไหลใต้ผิวดิน

6) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ตัวกลางเติมอากาศ (Contract Aeration Process) น้ำเสียจะเข้าสู่ถังบรรจุตัวกลางพลาสติกที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่ พร้อมทั้งมีระบบเติมอากาศที่ก้นถังใต้ชั้นตัวกลางให้กับแบคทีเรีย เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เนื่องจากว่าปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากหลายสาเหตุ ไม่ว่าจะเป็นน้ำเสียที่ปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรม อาคารบ้านเรือน ตลาดสด และเกษตรกรรม เป็นต้น (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2552)

### 2.1.5 น้ำเสียจากโรงอาหาร

ตึกอาคารกิจการนักศึกษามีพื้นที่ของอาคารทั้งหมด 10,752 ตารางเมตร ประกอบด้วย 7 ชั้นดังนี้

ชั้น 1 ประกอบด้วย ห้องพยาบาล ห้องถ่ายเอกสาร ห้องชมรมศิษย์เก่า และพื้นที่พักผ่อน เป็นต้น

ชั้น 2 ประกอบด้วย พื้นที่โรงอาหารทั้งหมด

ชั้น 3 ประกอบด้วย สถานที่ออกกำลังกาย (โรงยิม)

ชั้น 4 ประกอบด้วย สำนักงานกิจการนักศึกษา แนะแนว และห้องพักอาจารย์

ชั้น 5-6 ประกอบด้วย ห้องเรียน

ชั้น 7 ประกอบด้วย ห้องประชุมเฟืองเหนือ

โรงอาหารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ตั้งอยู่ชั้น 2 ของอาคารกิจการนักศึกษามีพื้นที่ของโรงอาหารทั้งหมด 1,536 ตารางเมตร (ปรีชา ลิ้มเจริญ, สัมภาษณ์) ประกอบด้วย ร้านขายอาหาร 12 ร้าน ดังนี้

1) ร้านเรืองชัย (น้ำ กาแฟ โอเลี้ยง ฯลฯ)
2) ร้านเจ๊เม้าท์ (ก๋วยเตี๋ยวไก่ เนื้อสด เนื้อเปื่อย น้ำตก) ร้านพี่แหม่ม (ข้าวมันไก่)
3) ร้านแกงใต้ (ข้าวแกง)
4) ร้านหนวดทอง (ข้าวแกง)
5) ร้านโกเด็ง (ขายน้ำ)
6) ร้านจริยา (ข้าวขาหมู) ร้านวรรณีย์ กองมา (ก๋วยเตี๋ยวหมู)
7) ร้านป้าอ้วน (อาหารตามสั่ง ข้าวแกง)
8) ร้ายเฮียตี๋ (ก๋วยเตี๋ยว ขาหมู ลูกชิ้นทอด) ร้านราดหน้าหมูหมัก (ราดหน้า)
9) ร้านกินเต็มอิ่ม (อาหารตามสั่ง)
10) ร้านป้านิตย์ (ขายน้ำ)
11) ร้านรัตนา(ข้าวแกง)
12) ร้านป้าจรูญ (อาหารตามสั่ง)

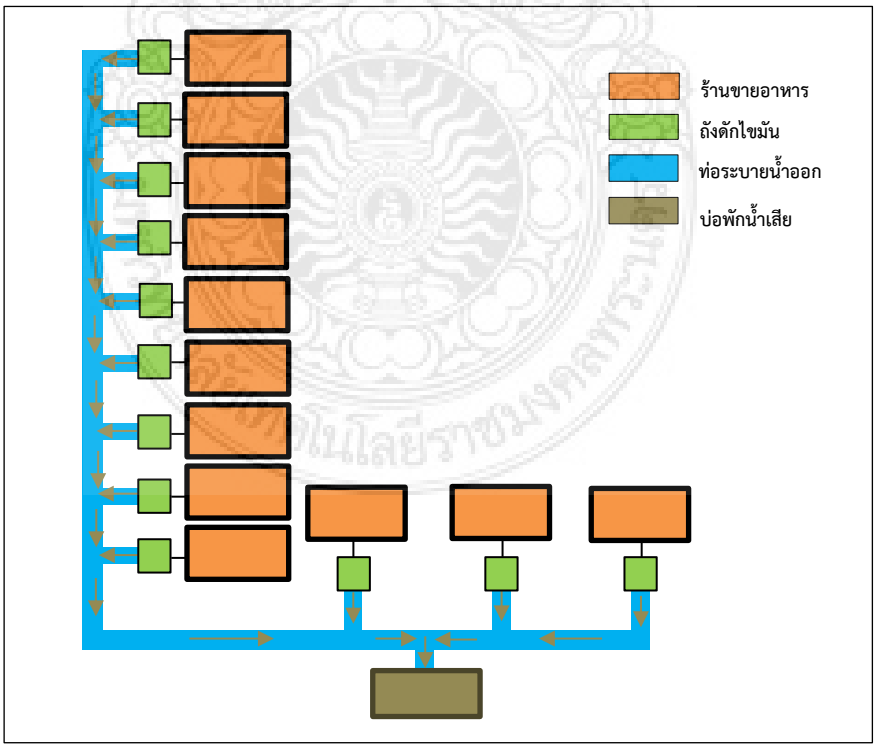
**ภาพ 2.1** แสดงโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

จากการสัมภาษณ์ร้านขายอาหาร ซึ่งมีจำนวน 12 ร้าน ที่ใช้น้ำจำนวนมากในการประกอบอาหาร ล้างวัตถุดิบ และล้างอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น มีการใช้น้ำเฉลี่ยต่อร้านวันละ 1,000 ลิตร มีน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงอาหารต่อวันประมาณ 12,000 ลิตร

2.1.5.1 การบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร

น้ำที่เกิดจากการใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของร้านขายอาหารจะบำบัดด้วยระบบกรองขั้นต้นโดยน้ำเสียจะผ่านการกรองหยาบ และไหลเข้าสู่ถังดักไขมันของแต่ละร้าน แล้วน้ำเสียจะไหลลงสู่บ่อพักน้ำเสียรวม ซึ่งรองรับน้ำเสียจากโรงอาหารที่เดียววันละประมาณ 12,000 ลิตร น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจะถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (แผนภูมิ 2.1 และภาพ 2.2) (วิเชียร มหาวัน, สัมภาษณ์)

**แผนภูมิ** 2.1 แสดงขบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร




**ภาพ** 2.2 แสดงการระบายน้ำเสียของโรงอาหาร

## 2.2 จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) หมายถึง กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms; EM) ซึ่งค้นพบโดย ศาสตราจารย์ ดร.เทรุโอะ ฮิงะ นักวิทยาศาสตร์ผู้เชี่ยวชาญสาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยริวกิว เมืองโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น ศาสตราจารย์ ดร.เทรุโอะ ฮิงะ เริ่มค้นคว้า และทดลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 และได้ค้นพบจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เมื่อปี พ.ศ. 2526 และจึงได้ทำการวิจัย พบว่ากลุ่มจุลินทรีย์นี้ใช้ได้ผลจริง และจากการค้นคว้าพบว่า จุลินทรีย์กลุ่มนี้ประกอบด้วย 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 จุลินทรีย์กลุ่มสร้างสรรค์ เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณภาพ มีประมาณ 10%

กลุ่มที่ 2 จุลินทรีย์กลุ่มทำลาย เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นโทษทำให้เกิดโรค มีประมาณ 10%

กลุ่มที่ 3 จุลินทรีย์กลุ่มกลาง มีประมาณ 80% จุลินทรีย์กลุ่มนี้หากกลุ่มใดมีจำนวนมากกว่ากลุ่มนี้จะสนับสนุนหรือร่วมด้วย

ดังนั้น การเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณภาพลงในดินก็เพื่อให้กลุ่มสร้างสรรค์มีจำนวนมากกว่า ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้กลับมีพลังขึ้นมาอีก หลังที่ถูกทำลายด้วยสารเคมีจนดินตายไป

### 2.2.1 ประเภทของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มี 2 ประเภท

2.2.1.1 ประเภทต้องการอากาศ (Aerobic Bacteria)

2.2.1.2 ประเภทไม่ต้องการอากาศ (Anaerobic Bacteria)

จุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่มนี้ต่างพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน และสามารถอยู่ร่วมกันได้ ซึ่งจากการค้นคว้าดังกล่าว ได้มีการนำเอาจุลินทรีย์ที่ได้รับการคัดเลือกอย่างดีจากแหล่งธรรมชาติที่มีประโยชน์ต่อพืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อม มารวมกัน 5 กลุ่ม (Families) 10 จีนัส (Genera) 80 ชนิด (Species) ซึ่งได้แก่ แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Bacteria) แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria) ยีสต์ (Yeasts) แอคติโนมัยสีท (Actenomycetes) และ เชื้อราที่พบในการหมัก (Fermenting Fungi) (Diver, 2001)

กลุ่มที่ 1 แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria) มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็น Gram Phositive Asporogenous Rod-Shaped Bacteria อยู่ใน Family Lactobacillaceae จะไม่มีการสร้างสปอร์ (Endospore) รูปร่างของเซลล์มีลักษณะเป็นท่อน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมากในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ ที่กระบวนการผลิตมีน้ำตาลมาเกี่ยวข้อง แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกอาศัยอยู่ในธรรมชาติมากมาย

หลายแหล่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ที่มีน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสร้างกรดแลคติก (Lactic Acid) กรดฟอร์มิก (Formic Acid) เอทานอล (Ethanol) และคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) แบคทีเรียชนิดนี้ในพวก Anaerobic หรือ Facultative ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Lactobacillus* sp. มีความต้องการสารอาหารพวกสารประกอบอินทรีย์มีโครงสร้างซับซ้อนพบในกระบวนการหมักมีการเจริญได้ดีในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน แต่ก็มีความสามารถเจริญเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจนด้วย น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้ กลุ่ม *Lactic Acid Bacteria* สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่หนึ่งเรียกว่า Homofermentative แบคทีเรียกลุ่มนี้จะผลิตกรดแลคติกเท่านั้น และสำหรับกลุ่มที่สองเรียกว่า Heterofermentative หลังจากกระบวนการหมักแล้วจะได้กรดแลคติก (Lactic Acid) กรดอะซิติก (Acetic Acid) กรดฟอร์มิก (Formic Acid) กลีเซอรอล (Glycerol) แอลกอฮอล์ (Alcohol) และคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะพบอยู่ในธรรมชาติทั้งในพืช ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์นม กรดแลคติกที่ได้นี้มีบทบาทสำคัญในการถนอมอาหารหลายชนิด ผักดองต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์นมพวกทำเนยแข็ง แบคทีเรียดังกล่าวมีความสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดี ทนต่อสภาพความเป็นกรดสูง สภาวะความเป็นกรดสูงนี้จะมีผลกระทบต่อการยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์ หรือกำจัดกลุ่มแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร (อานัฐ ตันโช, 2551)

กลุ่มที่ 2 แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Bacteria) โดยทั่วไปจะแบ่งแบคทีเรียสังเคราะห์แสงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วง (Purple - Photosynthetic Bacteria) และกลุ่มแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีเขียว (Green Photosynthetic Bacteria) (Pfenning and Truper, 1989; Kobayashi, 2000) แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสามารถย่อยสลายของเสียที่เกิดจากเศษอาหาร และสามารถลดปริมาณของก๊าซแอมโมเนียไนไตรท์ได้

กลุ่มที่ 3 ยีสต์ (Yeasts) เป็นราเซลล์เดี่ยว มีรูปร่างกลมหรือรี สามารถสืบพันธุ์ได้โดยการแตกหน่อ (Budding) ซึ่งเป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และจัดยีสต์อยู่ใน Family Saccharomycetaceae เมื่ออายุยังน้อยจะมีรูปร่างค่อนข้างกลม แต่เมื่ออายุมากจะมีรูปร่างรียาว ยีสต์จะทำให้เกิดกระบวนการหมักโดยเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอททิลแอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ยีสต์มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมักจะมีการสร้าง Ascospores แบบอาศัยเพศอยู่ใน Asci ได้แก่ ยีสต์สกุล *Saccharomyces* sp. และ *Candida* sp. เนื่องจากยีสต์นั้นมีคุณสมบัติในการหมักน้ำตาลได้ดี ดังนั้นในกระบวนการหมักผัก และผลไม้ หรือปลาสดร่วมกับกากน้ำตาล (ซึ่งอาจใช้น้ำตาล ทรายแดง หรือน้ำตาลอ้อย) ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็น

แอลกอฮอล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากการหมักวัสดุอินทรีย์ด้วยน้ำตาล (1-2 วัน จะได้กลิ่นแอลกอฮอล์) ยีสต์ในธรรมชาติจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ เนื่องจากได้แหล่งอาหารจากน้ำตาล โดยจะปรากฏอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของวัสดุหมักเป็นฟองที่ลอกเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวของน้ำหมัก อาจจะเรียกว่า Top Yeasts เมื่อการหมักลดลงจะตกตะกอนลง นอกจากนี้จะมีผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นออกมาในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ กลีเซอรอล (Glyceral) กรดอะซิติก (Acetic Acid) กรดอินทรีย์ (Organic Acid) กรดอะมิโน (Amino Acid) พิวรีน (Purines) ไพริมิดีน (Pyrimidines) และแอลกอฮอล์ (Alcohol) นอกจากนี้ยีสต์จะผลิตวิตามิน และฮอร์โมน ในระหว่างกระบวนการหมักด้วย ในกระบวนการหมักนั้นจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำมาก แต่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรดสูงระหว่าง 4.0-6.5 และดำรงชีพอยู่ได้ในสภาพที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักระหว่าง 1.5-3.5 จะมีจุลินทรีย์กลุ่มอื่นร่วมทำปฏิกิริยาอยู่ด้วยซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นกรดอินทรีย์เกิดขึ้นมาก ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักมีความเป็นกรดสูง สภาวะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักมีค่าต่ำนั้นมีผลดีต่อการควบคุมจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ และขณะเดียวกันแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของน้ำหมัก หรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วย (อานัฐ ตันโช, 2551)

กลุ่มที่ 4 แอคติโนมัยสีท (Actenomycetes) เป็นจุลินทรีย์แกรมบวก มีรูปร่างหลายแบบกลม ท่อน หรือเป็นเส้นสายคล้ายเชื้อรา โดยอาจเป็นเส้นสายที่มีการแตกแขนงและมีการแตกหักของเส้นใย เพื่อสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศ หรืออาจจะเป็นเส้นสายที่มีการสร้างสปอร์บนเส้นใยที่ชูขึ้นในอากาศ ซึ่งโครงสร้างของสปอร์มีทั้งแบบที่มีถุงหุ้ม และไม่มีถุงหุ้ม จุลินทรีย์แอคติโนมัยสีทส่วนใหญ่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวน แต่ก็มีบางชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน หรือต้องการก็เพียงเล็กน้อย เป็นจุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตอยู่ในดิน ในปุ๋ยหมัก ในน้ำ ในโคลนตม และบริเวณรากพืช แอคติโนมัยสีทมีบทบาทที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุในธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยย่อยส่วนประกอบของพืช และสัตว์ ที่ทนทานต่อการย่อยสลาย เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และไคติน เป็นต้น แอคติโนมัยสีทบางชนิด เช่น *Streptomycetes rubiginosus, Streptomycetes bambergensis* และ *Streptomycetes violaceoniger* สามารถผลิตเอนไซม์ที่สามารถช่วยเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เป็นน้ำตาลฟรุกโทส ปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์แอคติโนมัยสีท ช่วยผลิตเอนไซม์ที่มีความสำคัญในทางอุตสาหกรรม เช่น การใช้แอคติโนมัยสีทชนิด *Thermomonospora* ผลิตเอนไซม์ที่ช่วยการย่อยสลายเซลลูโลสที่อุณหภูมิ 60-70 °C และเอนไซม์ไซแลนเนสทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้มีประโยชน์

ในการผลิตน้ำตาลไซโลสจากซังข้าวโพด (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2556)

กลุ่มที่ 5 เชื้อราที่พบในการหมัก (Fermenting Fungi) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ พบเห็นได้บริเวณผิวด้านบนของน้ำหมักชีวภาพ ดังนั้นในลักษณะของการทำน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งเป็นการหมักที่มีออกซิเจนน้อย สภาพดังกล่าวไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของราเส้นใย จึงมักพบอยู่บนบริเวณผิวหน้าของน้ำหมักชีวภาพ หรือบนพื้นผิวภาชนะมีน้ำตาลติดอยู่ส่วนใหญ่ที่มีบทบาทในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพจะอยู่ในกลุ่มรา *Phycomycetes* ได้แก่ ราในสกุล *Mucor* และอื่น ๆ (อานัฐ ตันโช, 2551)

**2.2.2 การเจริญของจุลินทรีย์**

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์เซลล์เดี่ยว เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ ตลอดจนโปรโตซัว และสาหร่ายบางชนิดที่อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และยีสต์ นั้นไม่ได้หมายความว่าขนาดของเซลล์ใหญ่ขึ้นถึงแม้ว่าบางทีดูเหมือนเป็นเช่นนั้น แต่หมายถึงการเพิ่มจำนวนเซลล์ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และฟิสิกส์ภายในเซลล์ การเจริญเติบโตเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิต เซลล์แต่ละเซลล์มีช่วงอายุที่จำเพาะเจาะจงสำหรับ Species หนึ่ง ๆ การเจริญเติบโตของประชากรนั้น สามารถที่จะตรวจสอบได้โดยการวัด การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ หรือมวลชีวภาพ (Biomass) ของประชากรต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเรียกว่า อัตราการเจริญเติบโต (Growth Rate) เวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนประชากรจากเดิมเป็น 2 เท่า เรียกว่า Generation Time (Doubling Time) จะแตกต่างกันไปในแต่ละ Species ในสภาวะแวดล้อมหนึ่ง ๆ

การเติบโตของจุลินทรีย์สามารถบอกได้โดยการวัดความขุ่น (Turbidity) ของจุลินทรีย์ในอาหารเหลว การเพิ่มขนาดของโคโลนีบนอาหารแข็ง หรือการเพิ่มของจำนวนเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ทั้งนี้การวัดนั้นต้องเทียบกับหน่วยเวลา เซลล์เดียวจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนด้วยการแบ่งเซลล์จาก 1 เป็น 2 (Binary Fission) เซลล์รุ่นลูกแต่ละเซลล์มีลักษณะเหมือนเซลล์แม่ทุกประการ เมื่อการแบ่งเซลล์สิ้นสุดลงจำนวนเซลล์ หรือมวลชีวภาพจะเพิ่มเป็น 2 เท่าของเมื่อก่อนแบ่งเซลล์

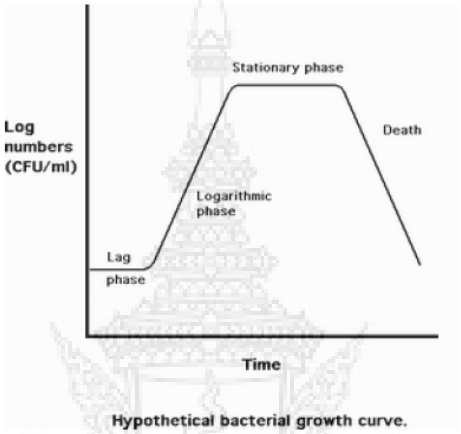
การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สามารถศึกษาได้จาก กราฟการเติบโต (Growth Curve) โดยที่กราฟการเติบโตปกติ (Typical Growth Curve) จะแสดงให้เห็นถึงระยะการเติบโต 4 ขั้นด้วยกัน ดังแสดงในภาพ 2.3 คือ

1) ระยะ Lag (A) เซลล์อยู่ในช่วงการปรับตัวก่อนแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวน

2) ระยะ Log (B) เซลล์มีการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ และจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นแบบ Exponential

3) ระยะ Stationary (C) อัตราการเพิ่มมวลชีวภาพเป็น 0

4) ระยะ Decline (D) จำนวนของเซลล์ที่มีชีวิตลดลง มีอัตราการเพิ่มจำนวนน้อยกว่าอัตราการตาย




**ภาพ** 2.3 แสดงกราฟการเติบโตของจุลินทรีย์เซลล์เดี่ยว

**ที่มา** : นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ (2548)

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด แต่เหตุผลประการหนึ่งคือความแตกต่างในด้านความต้องการธาตุอาหารของจุลินทรีย์ต่างชนิดกัน จุลินทรีย์บางชนิดต้องการเพียงแร่ธาตุพื้นฐานที่จำเป็น และไม่ต้องการสารอินทรีย์เลยก็สามารถเติบโตได้ดี เรียกจุลินทรีย์กลุ่มนี้ว่า Phototrophs ในขณะที่จุลินทรีย์บางชนิดต้องการสารอินทรีย์ในการเจริญเติบโตและไม่สามารถใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ เรียกจุลินทรีย์กลุ่มนี้ว่า Chemotrophs จุลินทรีย์ที่ต้องการสารอาหารอย่างอุดมสมบูรณ์ในการเจริญเติบโตเรียกว่า Fastidious Microorganisms (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2548)

### 2.2.3 ลักษณะทั่วไปของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เป็นจุลินทรีย์กลุ่มสร้างสรรค์ และมีประโยชน์ มีลักษณะดังต่อไปนี้

2.2.3.1 เป็นของเหลวสีน้ำตาล กลิ่นหอมอมเปรี้ยว อมหวาน (เกิดจากการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM))

2.2.3.2 ต้องการที่อยู่ที่เหมาะสม ไม่ร้อนเกินไป หรือเย็นเกินไป จะอยู่ในอุณหภูมิปกติ ไม่เกิน 25-45 ºC

2.2.3.3 ต้องการสารอาหารจากธรรมชาติ เช่น น้ำตาล รำข้าว โปรตีน และสารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.3.4 เป็นจุลินทรีย์ที่ได้จากธรรมชาติ จึงไม่สามารถใช้ร่วมกับสารเคมี และยาฆ่าเชื้อต่าง ๆ ได้เป็นตัวเอื้อประโยชน์แก่พืช สัตว์ และสิ่งมีชีวิตทั้งมวล

2.2.3.5 น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จะทำงานในที่มืดได้ดี ดังนั้นควรใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในช่วงเย็นของวัน

2.2.3.6 เป็นตัวทำลายความสกปรกทั้งหลาย ช่วยปรับสภาพความสมดุลของสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม (ศูนย์ฝึกอบรมและเผยแพร่เกษตรธรรมชาติคิวเซ่, 2541)

**2.2.4 การเก็บรักษาน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)**

การเก็บรักษาจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มีดังนี้

2.2.4.1 น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 1 ปี ในอุณหภูมิปกติ ไม่เกิน 25-45 ºC โดยปิดฝาให้สนิท อย่าให้มีอากาศเข้า และอย่าเก็บไว้ในตู้เย็น ทุกครั้งที่แบ่งไปใช้ต้องรีบปิดฝาให้สนิท เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคในอากาศที่เป็นโทษเข้าไปปะปน

2.2.4.2 การนำน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ไปขยายต่อ ควรใช้ภาชนะที่สะอาด น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่นำไปขยายเชื้อแล้วควรใช้ภายใน 7 วัน หลังจากหมักได้ที่แล้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพที่อาจเกิดจากความไม่สะอาดของภาชนะ และสิ่งสกปรกแปลกปลอมจากอากาศ เพราะจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่ต้องการอากาศ ถ้าใช้ไม่หมดภายใน 3 วัน ต้องปิดฝาให้สนิท เพื่อไม่ให้อากาศเข้า ก่อนใช้ทุกครั้งต้องตรวจดูก่อนว่ายังมีกลิ่นหอมอมเปรี้ยว อมหวานหรือไม่ ถ้ามีแสดงว่ายังใช้ได้

2.2.4.3 เมื่อนำน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ไปขยายเชื้อในน้ำ และกากน้ำตาล จะมีกลิ่นหอม และเป็นฟองขาว ๆ ภายใน 2-3 วัน น้ำจุลินทรีย์อีเอ็มที่ขยายด้วยน้ำสะอาด ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ใน 14 วัน ถ้ามีกลิ่นเหม็นเหมือนกลิ่นสัตว์เน่าก็จะใช้ไม่ได้ หรือสีเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีดำ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ถ้ามากกว่า 4.5 ขึ้นไปไม่ควรใช้ เพราะมีแอมโมเนีย ถ้าต่ำกว่า 3.5 สามารถใช้ได้ถึง 5 ปี

### 2.2.5 ข้อสังเกตลักษณะเฉพาะของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

ข้อสังเกตลักษณะเฉพาะของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มีดังนี้

2.2.5.1 หากน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เปลี่ยนเป็นสีดำ มีกลิ่นเหม็นเน่าถือว่า น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ตายไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้อีก ให้นำน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่เสียผสมน้ำรดกำจัดหญ้า และวัชพืชที่ไม่ต้องการได้

2.2.5.2 กรณีเก็บไว้นาน ๆ จะมีฝ้าขาวอยู่เหนือผิวน้ำ แสดงว่าจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พักตัว เมื่อเขย่าภาชนะฝ้าขาวจะสลายตัวกลับไปอยู่ในน้ำเหมือนเดิมนำไปใช้ได้ เมื่อนำไปขยายเชื้อในน้ำ และกากน้ำตาล จะมีกลิ่นหอม และเป็นฟองขาว ๆ ภายใน 2-3 วัน ถ้าไม่มีฟอง น้ำนิ่งสนิทแสดงว่าการหมักขยายเชื้อยังไม่ได้ผล

### 2.2.6 ประโยชน์ของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) โดยทั่วไป

ประโยชน์ของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มีดังนี้

2.2.6.1 ด้านการเกษตร

ก) ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในดิน และน้ำ

ข) ช่วยแก้ปัญหาจากแมลงศัตรูพืช และโรคระบาดต่าง ๆ

ค) ช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำ และอากาศผ่านได้ดี

ง) ช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ เพื่อให้เป็นปุ๋ย (อาหาร) แก่พืชดูดซึมไปเป็นอาหารได้ดี ไม่ต้องใช้พลังงานมากเหมือนการให้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์

จ) ช่วยสร้างฮอร์โมนพืช พืชให้ผลผลิตสูง และคุณภาพดีขึ้น

ฉ) ช่วยให้ผลผลิตคงทน สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน มีประโยชน์ต่อการขนส่งไกล ๆ เช่น ส่งออกต่างประเทศ

2.2.6.2 ด้านปศุสัตว์

ก) ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากฟาร์มปศุสัตว์ ไก่ และสุกร ได้ภายในเวลา 24 ชั่วโมง

ข) ช่วยกำจัดน้ำเสียจากฟาร์มได้ภายใน 1-2 สัปดาห์

ค) ช่วยกำจัดแมลงวัน โดยการตัดวงจรชีวิตของหนอนแมลงวันไม่ให้เข้าดักแด้เกิดเป็นตัวแมลงวัน

ง) ช่วยป้องกันอหิวาต์ และโรคระบาดต่าง ๆ ในสัตว์แทนยาปฏิชีวนะและอื่น ๆ ได้

จ) ช่วยเสริมสุขภาพสัตว์เลี้ยง ทำให้สัตว์แข็งแรงมีความต้านทานโรคสูง ให้ผลผลิตสูงอัตราการตายต่ำ

2.2.6.3 ด้านการประมง

ก) ช่วยควบคุมคุณภาพในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้

ข) ช่วยแก้ปัญหาโรคพยาธิในน้ำเป็นอันตรายต่อกุ้ง ปลา กบ หรือสัตว์น้ำที่เลี้ยงได้

ค) ช่วยรักษาโรคแผลต่าง ๆ ในปลา กบ จระเข้ ฯลฯ ได้

ง) ช่วยลดปริมาณขี้เลนในบ่อ และทำให้เลนไม่เน่าเหม็น สามารถนำไปผสมปุ๋ยหมักใช้พืชต่าง ๆ ได้อย่างดี

2.2.6.4 ด้านสิ่งแวดล้อม

ก) ช่วยปรับสภาพเศษอาหารจากครัวเรือน ให้กลายเป็นปุ๋ยที่มีประโยชน์ต่อพืชผักได้

ข) ช่วยปรับสภาพน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน โรงงาน โรงแรม หรือแหล่งน้ำเสีย

ค) ช่วยดับกลิ่นเหม็นจากกองขยะที่หมักหมมมานานได้

ง) กำจัดขยะด้วยการย่อยสลายให้มีจำนวนน้อยลง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้ (เทรุโอะ ฮิงะ, 2541)

**2.2.7 การบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)**

เทรุโฮะ ฮิงะ (2541) กล่าวว่า การบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เป็นการบำบัดที่ใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุในน้ำตามแหล่งต่าง ๆ ให้เป็นน้ำดี สะอาด และหมดกลิ่น เป็นการบำบัดวิธีชีวภาพ เช่นเดียวกับการบำบัดน้ำเสีย

อรุณวรรณ หวังกอบเกียรติ (2549) กล่าวว่าเชื้อจุลินทรีย์ในอีเอ็ม (EM) เจริญได้ในน้ำเสียได้ทุกชนิด สามารถลดค่าบีโอดีได้ทั้งในน้ำเสีย และน้ำมูลสุกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

องค์การเภชสัชกรรม (2556) กล่าวว่า การนำน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มาใช้บำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่ทำหน้าที่กำจัดกลิ่นเหม็น และย่อยสลายของเสียประเภทอินทรีย์ให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

2.2.7.1 จุลินทรีย์ในอีเอ็ม (EM) ที่ใช้บำบัดน้ำเสีย

จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียประกอบด้วย

ก) แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photo Synthetic Bacteria; PSB) จะช่วยเพิ่มก๊าซออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเน่าเสีย สามารถบำบัดน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ ได้โดยการย่อยสลายของเสียอินทรีย์ที่เกิดจากแหล่งเกษตรกรรม ชุมชน และอุตสาหกรรม เป็นต้น โดยจุลินทรีย์เหล่านั้นสามารถลดปริมาณของก๊าซแอมโมเนียไนไตรท์ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีแสงก็เกิดกระบวนการที่ใช้แสง ถ้าสิ่งแวดล้อมไม่มีแสงก็เปลี่ยนมาใช้อีกกระบวนการที่ไม่ใช้แสง ทำให้มีชีวิตอยู่ได้ และสามารถย่อยสลายสารภายในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน และมีออกซิเจนได้ จึงสามารถนำไปบำบัดน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน น้ำเสียทางการเกษตร น้ำเสียจากอุตสาหรรมอาหาร น้ำเสียจากอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ น้ำเสียจากอุตสาหกรรมทางเคมี และปิโตรเลียม เป็นต้น (สุรอรรถ ศุภจัตุรัส, 2556)

ข) แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria) เป็นจุลินทรีย์ที่ช่วยในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะสร้างสภาพความเป็นกรด เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเน่าเสีย และภาวะความเป็นด่าง (Alkaline) ให้กลับคืนสู่สภาพที่ดีขึ้น และช่วยสร้างสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มอื่น ๆ ที่เป็นกลุ่มสร้างสรรค์ (จุลินทรีย์ไบโอคลีน, 2556)

ค) แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixing Bacteria) ซึ่งไนโตรเจนมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีน และกรดนิวคลีอิก ก๊าซไนโตรเจนจัดเป็นแหล่งไนโตรเจน และเป็นก๊าซที่พบมากที่สุดในบรรยากาศของโลก คือประมาณ 79% แต่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ไม่สามารถนำก๊าซไนโตรเจนมาเปลี่ยนเป็นโปรตีน หรือกรดนิวคลีอิกได้โดยตรง ถ้าไม่ถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียเสียก่อน ก๊าซไนโตรเจนถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ในกระบวนการที่เรียกว่า การตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixation) เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย และจะมีแบคทีเรียที่สามารถเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรท ตามลำดับ เรียกกระบวนการนี้ว่า ไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) สารประกอบไนเตรทที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ แต่ในขณะเดียวกันสารประกอบไนเตรทบางส่วนจะถูกเปลี่ยนให้กลับกลายเปลี่ยนไปเป็นก๊าซไนโตรเจนคืนสู่บรรยากาศโดยกระบวนการที่เรียกว่า ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)

โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจะมีการนำไนโตรเจนไปใช้ในรูปของไนเตรท ($NO_3^-$) ดังสมการ

$$\text{Green Plant} + NO_3^- + CO_2 \xrightarrow{\text{Sunlight}} \text{Protein}$$

จะมีแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถจับ $N_2$ ในอากาศมาใช้ได้ดังสมการดังนี้

$$N_2 + \text{Special Bacteria} \longrightarrow \text{Protein}$$

ในมนุษย์จะมีการขับถ่ายไนโตรเจนออกมาในรูปของยูเรีย (Urea) ซึ่งจะกลายเป็น $NH_3$ ดังนี้

$$\text{Protein (Organic N.)} + \text{Bacteria} \longrightarrow NH_3$$

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O$$

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^-$$

$$2NH_3 + 4O_2 \longrightarrow 2NO_3^- + 2H^+ + 2H_2O$$

สารประกอบไนโตรเจนที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย

1) สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น $NH_3$ $NO_3^-$ และ $NO_2^-$ สารพวกนี้จะอยู่ในรูปปุ๋ย และเกลือปัสสาวะ

2) สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิก ซึ่งสารดังกล่าวนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกาย พืช สัตว์ ในอุจจาระ และในปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์ เป็นต้น

การที่สารเหล่านี้เข้ามามีบทบาทในน้ำเสีย เนื่องจากแบคทีเรียสามารถเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์โดยกระบวนการ Mineralization ซึ่งกระบวนการ Mineralization คือ การเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำซึ่งแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ได้ กระบวนการดังกล่าวมีความสำคัญต่อวัฏจักรในน้ำเสีย เพราะทำให้พืชน้ำและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กสามารนำอนินทรีย์สารไปใช้ได้ (อรวรรณ ชื่นคุ้ม, 2556)

ง) ยีสต์ (Yeasts) ช่วยสร้างสาร Growth Factor ซึ่งสารชนิดนี้จะไปช่วยการเร่งปฏิกิริยากระตุ้นการเจริญเติบโต และแบ่งจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มอื่น ๆ ให้มีจำนวนมากขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยทำให้ของเสียเน่า และเปื่อย ทำให้โมเลกุลมีขนาด

เล็กลงส่ง ผลทำให้การย่อยสลายง่าย และเร็วขึ้น กลุ่มยีสต์ยังมีสารเอนไซม์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์จำพวกแป้ง และน้ำตาล เปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นให้กลุ่ม Lactic Acid Bacteria (จุลินทรีย์ไบโอคลีน, 2556)

จ) จุลินทรีย์บาซิลัสซับทิลิส (Bacillus subtilis) เป็นจุลินทรีย์ที่ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย พบได้ในสิ่งแวดล้อมทั่วไป เช่น ในดิน มีความสามารถในการย่อยสลายซากพืช ซากสัตว์ มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ จุลินทรีย์บาซิลัสซับทิลิส สามารถสร้างเอนไซม์เพื่อการย่อยอินทรีย์สาร ทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันได้ และสามารถใช้บำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในประเทศไทยได้มีการนำไปใช้ปรับสภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง แหล่งน้ำเสียในชุมชน และบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม (มหิดลเพื่อการฟื้นฟูชุมชนไทย, 2554)

จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียมี 4 ชนิด

1) เอนไซม์โปรติเอส (Protease) หรือ เอนไซม์ย่อยโปรตีน เป็นเอนไซม์กลุ่มใหญ่ซึ่งมีหน้าที่ในการย่อยพันธะเพปไทด์ ดังนั้นเอนไซม์นี้จึงมีบทบาทสำคัญอย่างมากในสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะในการตัดเปลี่ยนโปรตีน และเอนไซม์ตัวอื่น ๆ เพื่อทำหน้าที่ในการดำรงอยู่อย่างสมดุล ปัจจุบันได้มีการจัดระบบที่ใช้หลักการทำงานของเอนไซม์ที่บริเวณช่วยเร่งปฏิกิริยา (Active Site) นอกจากนี้ในการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ เอนไซม์ที่ทำปฏิกิริยาที่ C-terminal หรือ N-terminal ของสายโพลีเพปไทด์เรียกว่า Exopeptidase และเอนไซม์ที่ตัดภายในสายโพลีเพปไทด์ เรียกว่า Endopeptidase

2) เอนไซม์ไลเปส (Lipase) หรือ เอนไซม์ย่อยไขมัน ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มไฮโดรเลส (Hydrolase) พบทั่วไปจากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ แต่นิยมผลิตจากจุลินทรีย์เนื่องจากเพิ่มผลผลิตได้รวดเร็ว และสามารถปรับสภาวะให้เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ได้ดีกว่าพืช และสัตว์ เอนไซม์ไลเปสสามารถทำปฏิกิริยาได้ 3 ชนิด คือ Hydrolysis Synthesis of Ester และTransesterification เอนไซม์ไลเปสย่อยไขมันไตรกลีเซอไรด์ได้กรดไขมัน และกลีเซอรอล จุลินทรีย์หลายชนิดผลิตเอนไซม์ไลเปสได้ เช่น *Alcaligenes* sp. ผลิต Alkaline Lipase

3) เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) หรือ เอนไซม์ย่อยแป้ง และน้ำตาล เป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลหลายชนิด เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลมอลโทส เป็นต้น แหล่งของเอนไซม์อะไมเลสโดยทั่วไปได้จากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ เอนไซม์อะไมเลสที่ผลิตได้จาก *Bacteria subtilis* สามารถทนต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.5-8.0 และช่วงอุณหภูมิ 40 °C

4) เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulases) เอนไซม์ย่อยเซลลูโลส เป็นเอนไซม์ที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายสารประกอบเซลลูโลส จากการศึกษาแหล่งของเอนไซม์เซลลูเลส พบว่ามีจุลินทรีย์หลายชนิดที่สามารถผลิตเซลลูเลสได้ เช่น รา และแบคทีเรีย จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสได้แตกต่างกันออกไป เมื่อเซลลูโลสถูกย่อยสลายให้เป็นโมเลกุลเล็ก ๆ ที่ละลายน้ำได้โมเลกุลเหล่านี้จะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของจุลินทรีย์ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างพลังงาน และสารประกอบคาร์บอนภายในเซลล์ (องค์การเภชสัชกรรม, 2554)

2.2.7.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย มีดังนี้

ก) ความหลากหลายของจุลินทรีย์ กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาเป็นวิธีที่นำจุลินทรีย์มาใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียประกอบด้วย แบคทีเรีย (Bacteria) รา (Fungi) สาหร่าย (Algae) และโปรโตซัว (Protozoa) แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญที่สุดในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา มีกลุ่มแบคทีเรียที่สามารถสร้างอาหารได้เอง (Autotrophic Bacteria) เช่น Cyanobacteria สามารถผลิตก๊าซออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำได้จำนวนมาก ซึ่งจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และกลุ่มแบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง (Heterotrophic Bacteria) เป็นพวกที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งมีบทบาทในการบำบัดน้ำเสียอย่างมาก นอกจากนี้ รา มีบทบาทมากพอสมควรในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ แต่มีบทบาทน้อยในแหล่งน้ำเสียที่มีออกซิเจนต่ำ สาหร่าย ที่มีคลอโรฟิลล์สามารถสังเคราะห์ได้ออกซิเจนเป็นผลผลิต ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อแบคทีเรียที่เจริญอยู่ร่วมกันได้ในแหล่งน้ำ เช่น สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (Blue Green Algae) *Anacystis, Anabaena* และ *Aphanizomenon* สาหร่ายสีเขียว (Green Algae) *Oocystis* และ *Pediastrum* นอกจากนี้โปรโตซัว ซึ่งเป็นสัตว์เซลล์เดียวที่พบได้ในน้ำเสียโดยทั่วไปก็มีบทบาทในการกินแบคทีเรีย และสาหร่ายเซลล์เดี่ยวทั้งเซลล์ที่มีชีวิต และตายแล้วรวมทั้งสารอินทรีย์อื่น ๆ ในแหล่งน้ำเสียเป็นอาหาร รวมถึงโรติเฟอร์ (Rotifer) ที่กินสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายในแหล่งน้ำเป็นอาหาร และครัสเตเซียน (Crustacean) ซึ่งเป็นสัตว์หลายเซลล์ดำรงชีวิตอยู่ในน้ำด้วยการกินสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ สาหร่าย และแบคทีเรีย ส่วนตัวของครัสเตเซียนก็เป็นอาหารของปลา และสัตว์น้ำวัยอ่อน ซึ่งเป็นการควบคุมกันเองอย่างสมดุลในระบบนิเวศน์แหล่งน้ำต่าง ๆ ในธรรมชาติ ในสภาพปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสม และเอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด

ข) ออกซิเจนในน้ำ ซึ่งจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มีความเข้มของออกซิเจนที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งตามการใช้ออกซิเจนได้เป็น 3 พวก คือ

1) แบคทีเรียที่ต้องการใช้ออกซิเจนในการเจริญ (Aerobic Bacteria) เนื่องจากไม่สามารถสร้างพลังงานจากการหมักได้ เช่น *Bacillus* และ *Pseudomonas* ในระบบบำบัดน้ำเสียใช้อากาศจึงจำเป็นต้องทำการกวนหรือเป่าอากาศเพิ่มเติมออกซิเจนให้กับแบคทีเรียกลุ่มนี้ ให้เจริญเติบโต และย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เร็วขึ้น

2) แบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนน้อย และไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการเจริญ (Anaerobic Bacteria) พวกที่มีความต้องการออกซิเจนน้อยกว่า 0.2 บรรยากาศ เนื่องจากออกซิเจนมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์เหล่านั้น เช่น *Lactobacillus* และ *Neisseria* ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนไม่จำเป็นต้องเพิ่มออกซิเจนในระบบการบำบัดน้ำเสีย

3) แบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน (Facultative Bacteria) เป็นพวกที่สามารถสร้างพลังงานได้จากกระบวนการหายใจและกระบวนการหมัก เช่น *Escherichia*, *Proteus* และ *Enterobacter* สามารถพบแบคทีเรียกลุ่มนี้ได้ในบ่อบำบัดแบบเปิดที่มีความลึกของบ่อตั้งแต่ 1.5 เมตร ขึ้นไป

ค) อุณหภูมิของน้ำ โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความสามารถทำงาน และแพร่ขยายตัวได้ดีในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ซึ่งบางชนิดอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปเพียงแค่ 2-3 ºC ก็จะไม่ทำงานแล้ว ซึ่งสามารถแบ่งจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิที่แตกต่างกันได้ 3 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มที่ต้องการอุณหภูมิต่ำในการเจริญเติบโต (Psychrophile) จะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 0 ºC หรือต่ำกว่า โดยมีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 15 ºC อาจแบ่งเป็นพวก Psychotroph ซึ่งจะมีอุณหภูมิการเจริญอยู่ที่ 25-30 ºC เช่น *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium* และ *Micrococcus* เป็นต้น

2) กลุ่มที่ต้องการอุณหภูมิปานกลาง (Mesophile) สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง 25-40 ºC แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 35 ºC สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงสุดที่ 43 ºC ได้แก่ *Neisseria*, *Salmonella* และ *Vibrio* เป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทมากต่อระบบบำบัดน้ำเสียในประเทศเขตร้อน

3) กลุ่มที่ต้องการอุณหภูมิสูงในการเจริญเติบโต (Thermophile) เจริญได้ที่อุณหภูมิสูงสุด 45-60 ºC อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 50-55 ºC และอุณหภูมิสูงสุดที่เจริญได้ 60-85 ºC เช่น *Bacillus* และ *Clostridium* เป็นต้น จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญมากสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยน้ำเสียที่อุณหภูมิสูง เช่น โรงงานกลั่นสุรา โรงงานน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ซึ่งใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

ง) ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างปกติในการเจริญของจุลินทรีย์จะมีค่าประมาณ 6.5-7.5 แต่ราสามารถเจริญได้ที่ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5 และมีจุลินทรีย์บางชนิดเช่น *Vibrio cholerae* สามารถเจริญได้ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 อย่างไรก็ตามการเจริญของจุลินทรีย์จะมีการปล่อยสารพวกกรด-ด่างออกมา ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงไปทำให้ไม่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์บางกลุ่มที่ต้องการ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เฉพาะในขบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้น้ำตาล หรือกากน้ำตาลที่ใช้ในขบวนการหมักในการขยายเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อขบวนการหมักเสร็จสิ้นจะมีระดับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ประมาณ 4 ซึ่งจะมีผลต่อความหลากหลายทั้งชนิด และปริมาณของจุลินทรีย์ในขบวน การหมัก โดยส่วนใหญ่จะเป็นจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในสภาพที่เป็นกรด โดยทั่วไปค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียโดยเฉพาะจากบ้านเรือน และสิ่งขับถ่ายของมนุษย์จะอยู่ที่ประมาณ 7-8 ซึ่งเป็นด่างอ่อนจนถึงด่างแก่ โดยจะมีผลต่อความสามารถของจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียที่ชอบเจริญในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด

จ) สารพิษ และโลหะหนักในน้ำ สารพิษต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำนั้นจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ รวมถึงจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำหลายชนิดด้วย สารพิษเหล่านั้นอาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น โลหะหนักจำพวกปรอท โครเมียม ทองแดง ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านซุบโลหะ อู่ซ่อมรถ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น นอกจากนี้อาจจะมีน้ำมันและสารลอยน้ำต่าง ๆ บ้างชนิดที่เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของไซยาโนแบคทีเรีย หรือสาหร่าย และกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยข้อจำกัดของการดำรงชีวิตอยู่ของจุลินทรีย์ทั้งสิ้น

ฉ) ปัจจัยอื่น ๆ แรงดันออสโมติก กระบวนการออสโมซีสจะเกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายที่อยู่ภายใน และภายนอกเซลล์ไม่เท่ากัน การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียต้องให้ความสำคัญของการเกิดแรงดันออสโมติก พวกที่ชอบแรงดันออสโมติกมักได้แก่ ยีสต์ซึ่งเจริญได้ในแหล่งที่มีน้ำตาลเข้มข้นจึงเรียกว่า กลุ่ม *Saccharophile* ได้แก่ *Saccharomyces bailii, S. rouxi*

2.2.7.3 หลักการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์

หลักการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์มีดังนี้

ก) หลักการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ

โดยธรรมชาติจุลินทรีย์จะมีการบำบัดฟื้นฟูแหล่งน้ำโดยตัวของมันเองอยู่แล้ว โดยมีกระบวนการเกิดดังนี้คือ ขั้นแรกเป็นการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Condition) คือ เป็นการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงโดยไม่ต้องการออกซิเจน เหมาะสมต่อน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงมากจนสาหร่าย และการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถผลิต และป้อนออกซิเจนได้ทัน ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนในแหล่งน้ำ การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงเหมาะสมกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ และของแข็งแขวนลอย หรือละลายอยู่ในน้ำจำนวนมาก เนื่องจากของแข็งจะตกลงสู่ก้นแอ่งน้ำ และถูกย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งภายหลังการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มไม่ใช้ออกซิเจนแล้ว สารอินทรีย์ในแหล่งน้ำจะเริ่มลดลงเบาบางลง และเข้าสู่ระยะการทำงานแบบแฟคคัลเททีฟ (Facultative Condition) ต่อไป คือ ภายในแหล่งน้ำเสียจะมีลักษณะการทำงานของจุลินทรีย์แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนของผิวน้ำจะเป็นแบบที่จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจน โดยจุลินทรีย์จะได้รับออกซิเจนจากการถ่ายเทอากาศที่บริเวณผิวน้ำ และจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่าย สำหรับส่วนล่างจนถึงก้นแอ่งน้ำซึ่งแสงแดดส่องไม่ถึงจะมีปริมาณออกซิเจนต่ำเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน และมีจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจนจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ และแปรสภาพเป็นก๊าซเช่นเดียวกับแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ก๊าซที่ลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนที่อยู่ช่วงบนของผิวน้ำทำให้ไม่เกิดกลิ่นเหม็น กระบวนการบำบัดน้ำเสียในขั้นแฟคคัลเททีฟนี้เรียกว่า การทำความสะอาดตัวเอง (Self-Purification) ซึ่งมักเกิดขึ้นเองที่ในสภาพธรรมชาติอยู่แล้ว เมื่อในแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณสารอินทรีย์ลดต่ำลง และมีออกซิเจนละลายอยู่มากก็จะเข้าสู่ขั้นตอนที่ 3 คือ การบำบัดแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Condition) ซึ่งเป็นสภาพที่แบคทีเรีย และสาหร่ายแขวนลอยอยู่ในน้ำที่มีความลึกไม่มากนัก โดยอาศัยออกซิเจนจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่าย และการเติมอากาศที่ผิวหน้าในการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือธาตุอาหารต่าง ๆ ที่ลอยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นจนกระทั่งเป็นน้ำใส สะอาด มีปริมาณสิ่งเจือปนน้อย รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ตายลงในที่สุด เนื่องจากไม่มีแหล่งอาหารเพียงพอต่อการดำรงชีวิตในแหล่งน้ำ วัฏจักรการย่อยสลายก็จะหมุนเวียนไปอย่างนี้เรื่อย ๆ เมื่อมีสารอินทรีย์ หรือสิ่งเจือปนเพิ่มขึ้นในแหล่งน้ำ (อานัฐ ตันโช, 2554)

ข) หลักการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

หลักการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)บำบัดน้ำเสีย คือ ต้องเป็นจุลินทรีย์ที่ช่วยปรับสภาพสมดุลของสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีววิทยา แต่ในสถานการณ์ที่เร่งด่วน สามารถพิจารณาจากความสามารถในการลดกลิ่นเหม็นเน่าของน้ำเสีย ภายในระยะเวลา 3-5 วัน แต่ขึ้นกับสภาพของแหล่งน้ำ ซึ่งการใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพมีวิธีการใช้ดังนี้

1) ในสภาวะน้ำนิ่ง หรือน้ำไหลที่ไม่มีปริมาณตะกอนควรใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดน้ำ ก่อนนำไปใช้ควรเจือจางในอัตราส่วน 1 : 1,000 มิลลิลิตร (จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดน้ำ : น้ำเสีย) ซึ่งขึ้นกับสภาพน้ำเสีย สามารถเพิ่มตามปริมาณที่เหมาะสมกับสภาพน้ำได้ ถ้าไม่สามารถทำให้กลิ่นเหม็นลดลงได้ในช่วงเวลา 3-5 วัน ซึ่งในสภาวะน้ำไหลจะใช้ได้ดีกว่าในสภาวะน้ำนิ่ง หากใช้ในปริมาณมากเกินไป หรือไม่เหมาะสมกับสภาพของน้ำเสียจะทำให้มีแนวโน้มน้ำเสียเพิ่มขึ้น และถ้าใช้ควบคู่กับพืชลอยน้ำ เช่น ผักตบ หรือผักบุ้ง หรืออื่น ๆ จะสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำเร็วขึ้น และช่วยในการดูดซับปริมาณธาตุอาหารที่เกิดจากการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) และควรควบคุมปริมาณพืชลอยน้ำที่ใช้เพื่อไม่ให้เกิดมลภาวะทางน้ำต่อไป

2) ในสภาวะน้ำนิ่ง หรือน้ำไหลที่มีปริมาณตะกอน (โคลน) ควรใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดแห้ง ถ้าใช้ในอัตราส่วน 10 กรัมต่อน้ำ 6 ลิตร ควรมีพืชลอยน้ำช่วยในการปรับสภาพเนื่องจากมีการย่อยสลายของจุลินทรีย์ แต่ถ้าไม่ใช้ควรลดปริมาณการใช้ตามสภาพน้ำเสียโดยควรเติมปริมาณน้อยแล้วพิจารณาการปรับสภาพในช่วงเวลา 3-5 วัน การเตรียมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) แห้ง ควรทิ้งให้เชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโต และเป็นเชื้อที่ดีโดยพิจารณาจากลักษณะของเชื้อ และผ่านการทดสอบประสิทธิภาพแล้ว และในสภาวะน้ำไหลจะใช้ได้ดีกว่าในสภาวะน้ำนิ่ง

การใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม ทั้ง 2 ชนิด ถ้าใช้ปริมาณไม่เหมาะสมกับสภาพของแหล่งน้ำ คือ ใช้ในปริมาณมาก หรือใช้ในสภาพแหล่งน้ำที่ไม่เหมาะสมกับชนิดจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จะเป็นการเพิ่มความเน่าเสียให้กับแหล่งน้ำ หรือจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่เตรียมได้ไม่ใช่เชื้อจุลินทรีย์ที่ดี คือ ต้องมีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เพิ่มปริมาณออกซิเจน ปริมาณบีโอดีลดลง และไม่เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (กรมชลประทาน, 2555)

## 2.3 ผลไม้และกากน้ำตาลที่ใช้ในการผลิตน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

ผลไม้ที่นำมาใช้ในการวิจัยเชิงทดลองมีดังนี้

### 2.3.1 กล้วย (Bananas)

ชื่อสามัญ : Bananas

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Musa sapientum* L.

ชื่อวงศ์ : Musaceae

ชื่ออื่น : กล้วยมะลิอ่อง (จันทบุรี) กล้วยใต้ (เชียงใหม่ เชียงราย) กล้วยอ่อง (ชัยภูมิ) กล้วยตานีอ่อง (อุบลราชธานี)

กล้วยเป็นไม้ผลที่คนไทยรู้จักกันมานาน เนื่องจากกล้วยมีถิ่นกำเนิดในเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งในภูมิภาคดังกล่าว จากการศึกษาพบว่ากล้วยมีวิวัฒนาการถึง 50 ล้านปีมาแล้ว ดังนั้นจึงเป็นไม้ผลที่มนุษย์รู้จักบริโภคเป็นอาหารกันอย่างแพร่หลาย เชื่อกันว่า กล้วยเป็นไม้ผลชนิดแรก ที่มีการปลูกเลี้ยงไว้ตามบ้าน และได้แพร่พันธุ์จากเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ไปยังดินแดนอื่น ๆ ในระยะเวลาต่อมากล้วยมีการปลูกกันมากในเอเชียใต้ แม้ในปัจจุบัน ประเทศอินเดียเป็นประเทศที่มีการปลูกกล้วยมากที่สุดในโลก และมีพันธุ์กล้วยมากมายอีกด้วย เหมาะสมกับที่มีการกล่าวกันไว้ในหนังสือของชาวอาหรับว่า "กล้วยเป็นผลไม้ของชาวอินเดีย" ต่อมาได้มีหมอของจักรพรรดิโรมันแห่งกรุงโรมชื่อว่า แอนโตนิอุส มูซา (Antonius Musa) ได้นำหน่อกล้วยมาจากอินเดียไปปลูกทางตอนเหนือของอียิปต์ เมื่อประมาณ 2,000 ปีมาแล้ว หลังจากนั้น มีการแพร่ขยายพันธุ์กล้วยไปในดินแดนของแอฟริกา ที่ชาวอาหรับเข้าไปค้าขาย และพำนักอาศัย จนกระทั่งเมื่อประมาณ ค.ศ. 965 ได้มีการกล่าวถึง กล้วย ว่าใช้ในการประกอบอาหารชนิดหนึ่งของชาวอาหรับ ซึ่งอร่อย และเป็นที่เลื่องลือมาก ชื่อว่า กาลาอิฟ (Kalaif) เป็นอาหารที่ปรุงด้วยกล้วย เมล็ดอัลมอนด์ น้ำผึ้ง ผสมกับน้ำมันนัต (Nut Oil) ซึ่งสกัดจากผลไม้เปลือกแข็งชนิดหนึ่ง นอกจากใช้ประกอบอาหารแล้ว ชาวอาหรับยังใช้กล้วยทำยาอีกด้วย ชาวอาหรับเรียกกล้วยว่า "มูซา" ตามชื่อของหมอ ที่เป็นผู้นำกล้วยเข้ามาในอียิปต์เป็นครั้งแรก

ในช่วงกลางคริสต์ศตวรรษที่ 15 ชาวโปรตุเกสได้เดินเรือไปค้าขายบริเวณชายฝั่งตะวันตกของทวีปแอฟริกา และได้นำกล้วยไปแพร่พันธุ์ที่หมู่เกาะคะแนรี ซึ่งตั้งอยู่นอกชายฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของทวีป หลังจากนั้น ชาวสเปนจึงได้นำกล้วยจากหมู่เกาะคะแนรีเข้าไปปลูกในหมู่เกาะอินดีสตะวันตกในอเมริกากลาง โดยเริ่มปลูก ที่อาณานิคมซันโตโดมิงโก บนเกาะฮิสปันโยลาเป็นแห่งแรก แล้วขยายไปปลูกที่เกาะอื่นในเวลาต่อมา ส่งผลให้ดินแดนในอเมริกากลางมีการปลูกกล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจกันอย่างแพร่หลาย และนับตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 19 เป็นต้นมา ได้

กลายเป็นแหล่งปลูกกล้วยส่งเป็นสินค้าออกมากที่สุดของโลก โดยปลูกมากในประเทศคอสตาริกา และประเทศฮอนดูรัส

**ภาพ** 2.4 แสดงภาพกล้วย

**ที่มา** : http://www.kroobannok.com/blog/34199 (2556)

กล้วยเป็นไม้ล้มลุก สูงประมาณ 3.5 เมตร ลำต้นสั้นอยู่ใต้ดิน กาบเรียงเวียนซ้อนกันเป็นลำต้นเทียม สีเขียวอ่อน ใบเป็นใบเดี่ยวขนาดใหญ่ ออกเรียงสลับ รูปขอบขนาน กว้าง 25-40 เซนติเมตร ยาว 1-2 เมตร ปลายใบมน ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบ สีเขียว ด้านล่างมีสีขาวนวล เส้นใบขนานกันในแนวขวาง ก้านใบเป็นร่องแคบ ดอกออกเป็นช่อที่ปลายยอดห้อยลง เรียกว่า หัวปลี มีใบประดับขนาดใหญ่หุ้มสีแดงเข้ม เมื่อบานจะม้วนงอขึ้น ด้านนอกมีนวล ด้านในเกลี้ยง ผล รูปรี ยาว 11-13 เซนติเมตร ผิวเรียบ ปลายเป็นจุก เนื้อในมีสีขาว พอสุกเปลือกผลเป็นสีเหลือง เนื้อมีรสหวาน รับประทานได้ หวีหนึ่งมี 10-16 ผล บางครั้งมีเมล็ด เมล็ดกลม สีดำ (ภาพ 2.4) (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2556)

**ตาราง** 2.1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของกล้วย

| องค์ประกอบ | คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม |
|---|---|
| พลังงาน | 85 กิโลแคลอรี |
| น้ำ | 75.70 กรัม |
| คาร์โบไฮเดรต | 22.20 กรัม |
| โปรตีน | 1.10 กรัม |
| ไขมัน | 0.20 กรัม |
| เถ้า | 0.80 กรัม |
| ฟอสฟอรัส | 27 มิลลิกรัม |
| โพแทสเซียม | 460 มิลลิกรัม |
| แคลเซียม | 7 มิลลิกรัม |
| แมกนีเซียม | 36 มิลลิกรัม |
| ซัลเฟอร์ | 34 มิลลิกรัม |
| วิตามินเอ | ปานกลาง |
| วิตามินบี (Pantothenic Acid) | 0.26 มิลลิกรัม |
| วิตามินบี 1 (Thiamine) | 0.04 มิลลิกรัม |
| วิตามินบี 2 (Riboflavin) | 0.07 มิลลิกรัม |
| วิตามินบี 6 (Pyridoxine) | 0.51 มิลลิกรัม |
| วิตามินซี (Ascobic Acid) | 10 มิลลิกรัม |

**ที่มา** : เบญจมาศ ศิลาย้อย (2545 )

2.3.2 **แตงโม (Watermelon)**

ชื่อสามัญ : Watermelon

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrullus vulgaris* Eckl.&Zeyh.

ชื่อวงศ์ : Cucurbitaceae

ชื่ออื่น : ภาคอีสาน เรียกบักโม ภาคเหนือ เรียกบะเต้า คนตรัง เรียกแตงจีน

แตงโมมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาแถบทะเลทรายคาลาฮารี ในทวีปดังกล่าวมีแตงโมขึ้นเองตามธรรมชาติ และมีความหลากหลายทางชีวภาพสูงสุด มีทั้งพันธุ์ที่เนื้อผลมีรสหวานจืด และรสขม ชาวอียิปต์เป็นชาติแรกที่ปลูกแตงโมไว้กินเมื่อ 5,000 ปีมาแล้วประเทศจีนปลูกแตงโมคริสต์ศตวรรษที่ 10 และปัจจุบันจีนเป็นประเทศที่ปลูกแตงโมมากที่สุดในโลก

คริสต์ศตวรรษที่ 13 พบบันทึกการนำแตงโมเข้าสู่ทวีปยุโรปโดยผู้รุกรานชาวมัวร์ และถูกนำเข้าสู่ทวีปอเมริกาเหนือโดยทาสผิวดำที่ถูกนำไปใช้แรงงานในไร่ในราวคริสต์ศตวรรษที่ 15

**ภาพ** 2.5 แสดงภาพแตงโม

**ที่มา** : http://www.tigerwas.com/tag/แตงโม (2556)

แตงโมเป็นไม้เถาอยู่ในวงศ์เดียวกับแตงกวา ลำต้นเป็นเถาเลื้อยแผ่ไปตามพื้นดิน ใบมีลักษณะเว้าลึก 3-4 หยัก ก้านใบยาว ทั้งเถา และใบมีขนอ่อนปกคลุม ผลพัฒนาจากรังไข่ ผลของแตงโมมีทั้งแบบกลม กลมรี และทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล 15-20 เซนติเมตร เปลือกแข็ง สีเขียว สีเขียวเข้ม และสีเหลือง บ้างก็มีลวดลายสีขาวเป็นแถบยาวจากขั้วถึงปลายผล รสชาติของเนื้อผล คือ ฉ่ำน้ำ และหวานกรอบ ในเนื้อมีเมล็ดสีดำขนาดเล็กแทรกอยู่บริเวณใจกลางผล (ภาพ 2.5)

**ตาราง 2.2** แสดงคุณค่าทางโภชนาการของแตงโม

| องค์ประกอบ | คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม |
|---|---|
| พลังงาน | 30 กิโลแคลอรี |
| คาร์โบไฮเดรต | 7.55 กรัม |
| น้ำตาล | 6.20 กรัม |
| เส้นใยอาหาร | 0.40 กรัม |
| ไขมัน | 0.15 กรัม |
| โปรตีน | 0.61 กรัม |
| น้ำ | 91.45 กรัม |
| วิตามินเอ (เทียบเท่า) | 28 ไมโครกรัม (3%) |
| วิตามินบี 1 (Thiamine) | 0.033 มิลลิกรัม (3%) |
| วิตามินบี 2 (Riboflavin) | 0.021 มิลลิกรัม (1%) |
| วิตามินบี 3 (Niacin) | 0.178 มิลลิกรัม (1%) |
| วิตามินบี 5 (Pantothenic Acid) | 0.221 มิลลิกรัม (4%) |
| วิตามินบี 6 | 0.045 มิลลิกรัม (3%) |
| วิตามินบี 9 (Folate) | 3 ไมโครกรัม (1%) |
| วิตามินซี (Ascobic Acid) | 8.10 มิลลิกรัม (14%) |
| แคลเซียม | 7 มิลลิกรัม (1%) |
| เหล็ก | 0.24 มิลลิกรัม (2%) |
| แมกนีเซียม | 10 มิลลิกรัม (3%) |
| ฟอสฟอรัส | 11 มิลลิกรัม (2%) |
| โพแทสเซียม | 112 มิลลิกรัม (2%) |
| สังกะสี | 0.10 มิลลิกรัม (1%) |

**ที่มา** : USDA Nutrient database (2556)

แตงโมเป็นผลไม้ที่มีพลังงานต่ำ และมีน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 6.81-9.36 โดยมีน้ำตาลฟรักโทสร้อยละ 3-4 น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 1-3 และน้ำตาลซูโคสร้อยละ 2-5 เมื่อกินแตงโมจะได้น้ำถึงร้อยละ 92 มีวิตามินซี บีตาแคโรทีน ไลโคพีน และแร่ธาตุอื่น (ชมรมสวนสุขภาพ, 2556)

### 2.3.3 ฝรั่ง (Guava)

ชื่อสามัญ : Guava

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Psidium guajava* Linn.

ชื่อวงศ์ : Myrtaceae

ชื่ออื่น : มะมั่น มะก้วยกา (ภาคเหนือ) บักสีดา (ภาคอีสาน) ย่าหมู ยามู (ภาคใต้) มะปุ่น (ตาก สุโขทัย) มะแกว (แพร่)

ฝรั่งมีถิ่นกำเนิดในแถบร้อนของทวีปอเมริกา สามารถปลูกได้ดีในประเทศเขตร้อน ประเทศกึ่งร้อน หรือประเทศที่มีอากาศค่อนข้างอบอุ่น แต่ไม่สามารถทนอากาศเย็นจัด จนน้ำค้างแข็งได้ ทนสภาพน้ำท่วมได้เป็นครั้งคราว สามารถปลูกได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลไปจนถึงท้องที่ที่มีความสูงจากน้ำทะเลประมาณ 2,500 เมตร สำหรับการแพร่กระจาย เข้าใจว่าได้มีประเทศในเอเชียทำการติดต่อกับอเมริกา ชาวอเมริกาได้นำเอาฝรั่งมาด้วยเพราะเป็นผลไม้ที่มีรสชาติอร่อยมีคุณค่าทางอาหารทำให้ฝรั่งได้แพร่กระจายไปยังทวีเอเชียเป็นอย่างดี เพราะเอเชียมีภูมิภาคที่ถูกต้องกับนิสัยของฝรั่ง โดยเฉพาะในประเทศอินเดียนั้นนิยมปลูกกันมาก เพื่อเป็นการค้าในทุกภาค สำหรับการแพร่กระจายเข้ามาในประเทศไทยนั้น เข้าใจว่าได้ถูกนำเข้ามาในสมัยที่ประเทศไทยเริ่มมีสัมพันธไมตรีกับชาวอเมริกา และฝรั่งพวกมิชชั่นนารีอเมริกานำเข้ามาแพร่พันธุ์ คนไทยจึงเรียกผลไม้นี้ว่า “ฝรั่ง” ต่อมาได้มีการนำพันธุ์มาจากประเทศจีนบ้าง อินเดียบ้าง รวมทั้งเวียดนามมาเพาะปลูกแพร่หลายจนกลายเป็นผลไม้พื้นบ้านของคนไทย นอกจากนี้ยังได้มีการคิดค้นผสมพันธุ์ใหม่ขึ้นมาอีกด้วย

**ภาพ** 2.6 แสดงภาพฝรั่ง

**ที่มา** : www.oknation.net/blog/horti-asia (2556)

ฝรั่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก กิ่งอ่อนจะเป็นสี่เหลี่ยม ยอดอ่อนมีขนสั้น ๆ ใบเดี่ยวออกตรงกันข้าม สีเขียว รูปใบรี ปลายใบมน หรือมีกิ่งแหลม โคนใบมน ออกดอกเป็นช่อ ช่อละ 2-3 ดอก ดอกย่อยมีสีขาว มีเกสรตัวผู้มากเป็นฝอย ผลดิบมีสีเขียวใบไม้ เมื่อสุกจะเป็นสีเขียวอ่อนปนเหลือง เนื้อในเป็นสีขาวมีกลิ่นเฉพาะมีเมล็ดมาก (ภาพ 2.6) (สรัสวดี เผือกสกนธิ์, มปป)

**ตาราง 2.3** แสดงคุณค่าทางโภชนาการของฝรั่ง

| องค์ประกอบ | คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม |
|---|---|
| วิตามินบี 1 | 0.06 มิลลิกรัม |
| วิตามินบี 2 | 0.13 มิลลิกรัม |
| วิตามิน ซี | 160 มิลลิกรัม |
| วิตามินเอ | 89 มิลลิกรัม |
| ค่าพลังงานความร้อน | 51 กิโลแคลอรี |
| แคลเซียม | 13 มิลลิกรัม |
| เหล็ก | 0.5 มิลลิกรัม |
| ฟอสฟอรัส | 25 มิลลิกรัม |
| คาร์โบไฮเดรต | 11.6 กรัม |
| โปรตีน | 0.9 กรัม |
| เส้นใย | 6 กรัม |
| ไขมัน | 0.1 กรัม |
| ความชื้น | 80.7 เปอร์เซ็นต์ |

**ที่มา** : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2556)

### 2.3.4 กากน้ำตาล (Molasses)

กากน้ำตาล (Molasses) เป็นของเหลวที่มีลักษณะข้นเหนียวสีน้ำตาลดำ ที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อย เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อยนั้นเริ่มจากการนำอ้อยเข้าหีบได้น้ำอ้อย กรองเอากากออกจากน้ำอ้อยแล้วเคี่ยวน้ำอ้อยจนได้ผลึกของน้ำตาลทรายด้วยหม้อปั่น (Centrifuge) ผลพลอยได้ที่สำคัญจากการผลิตน้ำตาลทรายด้วยวิธีนี้ได้แก่ กากน้ำตาล ขี้ตะกอน และกากอ้อย เป็นต้น

กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้ที่มีคุณค่ามากที่สุด เป็นส่วนของของเหลวที่เหลือหลังจากการแยกเอาผลึกของน้ำตาลออกแล้วมีลักษณะเหนียวข้น สีน้ำตาลเข้ม องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครสที่ไม่ตกผลึก ในการผลิตน้ำตาลทรายนั้นจะมีกากน้ำตาลซึ่งเป็นผลพลอยได้เกิดขึ้นประมาณ 4-6% ของปริมาณอ้อยที่ใช้ในการผลิต กากน้ำตาลสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามกรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทราย คือ

1) กากน้ำตาลที่ได้จากการผลิตน้ำตาลทรายขาว (Plantation White Sugar) ซึ่งเราเรียกว่า Black-strap Molasses จะมีปริมาณน้ำตาลอยู่ประมาณ 50-60%

2) กากน้ำตาลที่ได้จากการผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (Refine Sugar) ซึ่งเราเรียกว่า Refinery Molasses จะมีปริมาณน้ำตาลอยู่ประมาณ 48%

3) กากน้ำตาลที่ได้จาการทำบางส่วนของน้ำอ้อยแปรสภาพให้เข้มข้นโดยการระเหย (Inverted Can Juice) ซึ่งเราเรียกว่า Invert Molasses หรือ Hightest Molasses วิธีนี้เป็นการผลิตกากน้ำตาลโดยตรง

ประโยชน์ที่ได้จากกากน้ำตาลมีมากมาย เนื่องจากกากน้ำตาลประกอบด้วยน้ำตาลประมาณ 50-60% และแร่ธาตุต่าง ๆ ประโยชน์ที่เห็นได้โดยตรง เช่น ใช้เป็นอาหารสัตว์ เนื่องจากการน้ำตาลประกอบด้วยน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นแหล่งอาหาร พลังงานที่เหมาะสม และราคาไม่แพง จึงมีการใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์หลายชนิด ใช้เป็นปุ๋ย เพราะกากน้ำตาลมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับพืช

นอกจากนี้กากน้ำตาลยังใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการหมักหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมการหมักแอลกอฮอล์ สุรา กรดมะนาว กรดน้ำส้ม กรดแลคติก ผงชูรส ยีสต์ขนมปัง และยีสต์อาหารสัตว์ เนื่องจากกากน้ำตาลมีราคาถูก และเหมาะสมกว่าเมื่อเทียบกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2544)

**ตาราง 2.4** แสดงส่วนประกอบของกากน้ำตาล

| ส่วนประกอบ | เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก |
|---|---|
| น้ำ | 20.65 |
| ซูโครส | 36.60 |
| รีดิวซิงซูการ์ | 13.00 |
| น้ำตาลที่ใช้หมักเชื้อได้ทั้งหมด | 50.50 |
| เถ้าของซัลเฟต | 15.10 |

**ตาราง** 2.4 แสดงส่วนประกอบของกากน้ำตาล (ต่อ)

| ส่วนประกอบ | เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก |
|---|---|
| ยางและแป้ง | 3.01 |
| แป้ง | 0.42 |
| ขี้ผึ้ง | 0.38 |
| ไนโตรเจนทั้งหมด | 0.95 |
| ซิลิกาในรูป $SO_2$ | 0.46 |
| ฟอสเฟตในรูป $P_2O_5$ | 0.12 |
| โพแทสในรูป $K_2O$ | 4.19 |
| แคลเซียมในรูป CaO | 1.35 |
| แมกนีเซียมในรูป MgO | 1.12 |

**ที่มา** : กากน้ำตาล (2556)

## 2.4 พารามิเตอร์ที่ศึกษา

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งเพื่อให้ทราบคุณภาพของน้ำเสีย โดยใช้กระบวนการทางเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งได้แก่ การวัดบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย น้ำมันและไขมัน ความเป็นกรด-ด่าง สีและกลิ่น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 **บีโอดี** (Biological Oxygen Demand; BOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลาย หรือเผาผลาญสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ ใช้เป็นดัชนีชี้วัดความสกปรกของน้ำ

การใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ แบ่งเป็น 2 ระยะ

ระยะที่ 1 ชนิดแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยสลายให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ และถ้าเป็นเนื้อสัตว์ โปรตีน จะถูกย่อยสลายให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และแอมโมเนีย

$$\text{Carbohydrate} + O_2 \xrightarrow{\text{bacteria}} CO_2 + H_2O$$

$$\text{Protein} + O_2 \xrightarrow{\text{bacteria}} CO_2 + NH_3$$

ซึ่งค่าออกซิเจนที่ลดลงจากการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้คือ ค่าบีโอดี

ระยะที่ 2 การย่อยสลายสารอนินทรีย์ คือ แอมโมเนีย ($NH_3$) แป้ง ไนไตรท์ และไนเตรท

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O$$

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^-$$

กระบวนการในระยะที่ 2 ค่าออกซิเจนที่ลดลงไม่ถือว่าเป็นค่าบีโอดี เพราะเนื่องจากการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย $NH_3$ เป็นสารอินทรีย์

การหาค่าบีโอดี โดยมาตรฐานใช้อุณหภูมิในการเพาะเลี้ยงที่ 20 °C เป็นเวลา 5 วัน เพราะเป็นอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำโดยทั่วไป และเป็นอุณหภูมิที่มีการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ (Nitrifying Bacteria) ย่อยสลายสารอินทรีย์ คือ $NH_3$, $NO_2^-$ และ$NO_3^-$ น้อยมาก ส่วนที่ใช้เวลาเพียง 5 วัน เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำได้ถึงร้อยละ 70 (ซึ่งถ้าต้องการให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำให้หมดไปทั้งร้อยละ 100 อาจใช้เวลามากกว่า 20 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่นานเกินไป) ดังนั้น จึงเชื่อมสัญลักษณ์ของบีโอดีที่ใช้เวลาในการเพาะเลี้ยง 5 วัน เป็น $BOD_5$

**2.4.2 ซีโอดี** (Chemical Oxygen Demand; COD) หมายถึง ค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี การวิเคราะห์หาค่าซีโอดี เป็นการวิเคราะห์หาความสกปรกของน้ำเสียต่าง ๆ โดยเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ของน้ำเสีย เพื่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และเป็นผลปฏิกิริยาสุดท้าย นอกจากนี้พวกกรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนเป็นอาศัยแอมโมเนียไนโตรเจน เงื่อนไขสำคัญในการวิเคราะห์ซีโอดี คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นต้องเกิดขึ้นโดยออกซิไดซิงเอเจนต์ (Oxidizing Agent) อย่างแรง ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเข้มข้น และมีอุณหภูมิสูง หลักการของซีโอดีจะคล้ายกับบีโอดี คือ สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกออกซิไดซ์ได้คาร์บอนไดออกไซด์ เพียงแต่บีโอดีต้องใช้แบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ส่วนซีโอดีใช้ออกซิไดซิงเอเจนต์ ซีโอดีและบีโอดีต่างเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้แสดงค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำ แต่ซีโอดีไม่สามารถบอกได้ถึงความยากง่ายในการย่อยสลายของชีวภาพได้ เนื่องจากสารอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์ได้หมด หรือเกือบหมด ไม่ว่าจะสามารถออกซิไดซ์ทางชีวภาพหรือแม้กระนั้นซีโอดีมีข้อดีที่ใช้เวลาในการหาเพียง 2 ชั่วโมง ในขณะที่การหาค่าบีโอดีใช้เวลา 5 วัน มีตัวแปรผันน้อยกว่าค่าที่ได้ มีความแน่นอนน่าเชื่อถือกว่า และสารพิษไม่ขัดขวางการหาค่าซีโอดี ซีโอดีมักมีค่าสูงกว่าบีโอดี อัตราส่วนของซีโอดี (BOD : COD) อาจเป็นไปได้ตั้งแต่ 0.1-0.8 แต่ไม่เกิน 1 ค่าบีโอดีอาจมีค่าสูงกว่าซีโอดีได้ แต่มีโอกาสน้อยมาก

ประโยชน์ของค่าซีโอดี

1) ถ้าพิจารณาร่วมกับค่าบีโอดี จะทำให้บอกได้ว่าน้ำเสียมีแนวโน้มในการย่อยสลายโดยทางชีววิทยาได้ยาก หรือง่ายเพียงใด

2) ใช้ในการประมาณค่าบีโอดีอย่างคร่าว ๆ ถ้ารู้แหล่งกำเนิด หรือที่มาของตัวอย่าง

3) เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

4) เป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์สำหรับการควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย

5) ใช้บอกความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ หรือจากอาคารบ้านเรือน

6) ผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดี เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าบีโอดี สามารถบอกได้ว่าน้ำนั้นมีสารพิษที่เป็นพิษ หรือไม่

วิธีวิเคราะห์ค่าซีโอดี โดยใช้ไดโคเมตเป็นออกซิไดซิงเอเจนต์ มี 2 วิธี ดังนี้

1) วิธีรีฟลักซ์แบบเปิด (Open Reflux Method) เหมาะสำหรับหาค่าซีโอดีในช่วงกว้าง ๆ ต้องการใช้ปริมาณอย่างมาก

2) วิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Close Reflux Method) จะใช้ปริมาณของตัวอย่างน้อยกว่าและประหยัดการใช้สารเคมี แต่จะเหมาะสมกับตัวอย่างน้ำที่มีสารแขวนลอยที่เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน

วิธีรีฟลักซ์ทำได้ 2 แบบ คือ การไตเตรท และการเทียบสี แต่วิธีการไตเตรทจะเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และให้ผลถูกต้อง

**2.4.3 ของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solids)** หมายถึง ปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยการกรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรอง CF/G แล้วนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองไประเหยด้วยไอน้ำจนแห้ง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 ºC -105 ºC น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของภาชนะ คือ เป็นปริมาณของแข็งแขวนลอย มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม (มิลลิกรัมต่อลิตร) แบ่งได้ 2 ชนิด

2.6.3.1 Suspended Solids คือ ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำแล้วสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ตะกอนมีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา

2.6.3.2 Settleable Solids คือ ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ ตะกอนมีขนาดใหญ่ และมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำ เมื่อตั้งทิ้งไว้สามารถตกตะกอนลงมานอนที่ก้นภาชนะได้

ของแข็งที่อยู่ในน้ำเสีย คือ อนุภาคของสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่ประกอบด้วย Settleable Floating และ Suspended Solids ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ต้องละลายในน้ำใช้เป็นเครื่องชี้วัดความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำที่สำคัญอย่างหนึ่ง ปริมาณของแข็งแขวนลอยมีประโยชน์

มากสำหรับการวิเคราะห์น้ำโสโครก เป็นค่าหนึ่งที่บอกถึงความสกปรกของน้ำเสียนั้น ตลอดจนบอกถึงประสิทธิภาพของหน่วยบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ สำหรับในงานควบคุมความสกปรกของลำธาร ถือว่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเป็นของแข็งตกตะกอน เพราะเวลาตกตะกอนไม่จำกัด เนื่องจากสะสมทับถมกันของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนของชีวเคมี ดังนั้นการหาค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยจึงสำคัญเท่า ๆ กับค่าบีโอดี

การหาปริมาณของแข็งแขวนลอยนั้นเกิดข้อผิดพลาดได้ง่ายถ้าใช้ตัวอย่างน้อย ดังนั้น การใช้ตัวอย่างในการกรองให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สำหรับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว หรือมีความสกปรกน้อยอาจต้องใช้ถึง 500 มิลลิลิตร

ปริมาณของแข็งแขวนลอยหาได้จากการเผาโดยตรงในเตาเผาปกติ ของแข็งแขวนลอยจะมีสารระเหยได้ประมาณร้อยละ 80 เนื่องจากน้ำหนักที่เกี่ยวข้องกับของแข็งแขวนลอยมีค่าน้อยมาก ดังนั้นจึงควรระมัดระวังในการเตรียมถ้วยกรองกูซที่ใช้ ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยรายงานเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนของค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหย มักรายงานเป็นร้อยละของของแข็งแขวนลอย

2.4.4 **น้ำมันและไขมัน** (Oil and Grease) ซึ่งมีความหมายกว้าง ๆ รวมถึงสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่สามารถถูกสกัดสารละลายน้ำโดยเฮกเซน ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน เอสเทอร์ น้ำมัน ไขมัน ขี้ผึ้ง และกรดไขมันที่มีโมเลกุลสูง ๆ เพราะสารพวกนี้จะก่อให้เกิดปัญหาในน้ำโสโครก จะใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ทั้งนี้เพราะส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไขมันและน้ำมันสลายได้ดีในเฮกเซน ในขณะที่สารอินทรีย์อื่น ๆ ละลายได้น้อยมาก ในสมัยก่อนเคยใช้คลอโรฟอร์มไดเอทชีลซีเธอร์เป็นตัวทำละลาย แต่ภายหลังพบว่าสารละลายเหล่านี้ละลายคาร์โบไฮเดรตได้จำนวนมาก จึงเลิกใช้ นอกจากนี้เคยทดลองใช้ Trichorotriflouroethane อยู่ระหว่างหนึ่งแต่มีปัญหาสิ่งแวดล้อมเพราะเกี่ยวข้องกับ Chorotriflouroethane จึงเปลี่ยนมาใช้ของผสมระหว่างร้อยละ 80 n-hexane และร้อยละ 20 Methy-Text-Butylether (MTBE) ซึ่งใช้ผลไม่แตกต่างกัน ปัจจุบันใช้ทั้ง n-hexane และส่วนผสมของ n-hexane กับ MTBE เป็นสารสกัดไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุล เช่น ก๊าซโซลีน ตัวอย่างที่จะทำการสกัดถูกทำให้แห้งที่ 130 °C ซึ่งทำให้สารที่มีจุดเดือดต่ำกว่าอุณหภูมินี้สูญไป แต่สารพวกนี้จะมีอยู่ในน้ำโสโครกน้อยมาก นอกจากน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมเท่านั้นที่พบมาก เมื่อนำมาสกัดด้วยเฮกเซน สารที่จัดว่าอยู่ในพวกไขมันรวมทั้งน้ำมันจะถูกสกัดได้ทั้งหมด ในกรณีที่น้ำมันแห้ง ซึ่งมีไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว ดังนั้นในขณะที่ถูกทำให้แห้งจะเกิดการออกซิไดซ์ขึ้น ไม่ทำให้ละลายในเฮกเซน แต่สารละลายเหล่านี้มีน้อยมากในน้ำเสียจากบ้านเรือน การหาค่าน้ำมันและไขมันในน้ำ ไม่ได้เป็นการจัดปริมาณทั้งหมดโดยสมบูรณ์ของสารที่ต้องการจะจัดการ แต่

จะเป็นการหาค่าของสารต่าง ๆ ชนิดที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเกี่ยวกับสารละลายในตัวทำละลายเหมือนกัน ดังนั้น คำว่าน้ำมันและไขมัน หมายถึง สารดังกล่าวข้างต้น รวมทั้งสารอื่น ๆ ซึ่งถูกสกัดด้วยตัวทำละลายจากตัวอย่างที่ได้ทำให้เป็นกรด และสารนั้นไม่กลายเป็นไอในระหว่างการระเหยตัวทำละลายที่กล่าวมาเป็นข้อแตกต่างของการหาปริมาณน้ำมันและไขมัน เมื่อเปรียบกับสารตัวอื่น ๆ ปกติน้ำมันและไขมันจากโรงงานอุตสาหกรรมจะประกอบด้วยไขมันจากสัตว์ และพืชตลอดจนไฮโดรคาร์บอนจากปิโตรเลียม

การหาปริมาณน้ำมันและไขมันทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่เหมาะสมกับตัวอย่างแต่ละชนิดทำให้การเก็บตัวอย่างที่จะหาน้ำมันและไขมันแบบแยกด้วยขวดปากกว้างซึ่งล้างสะอาดด้วยสบู่ และ ชะล้างด้วยตัวทำละลายเพื่อกำจัดสิ่งตกค้างใด ๆ ก็อาจจะขัดขวางการวิเคราะห์ ฝาควรระบุด้วย PTFE เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียน้ำมันและไขมันที่อาจติดไปบนฝาได้ โดยให้เก็บตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์น้ำมันและไขมันแยกต่างหาก อย่าเติมตัวอย่างจนล้นขวด และอย่าแบ่งตัวอย่างในการปฏิบัติการให้เก็บตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง หรือมากว่า ปกติให้เก็บน้ำเสียประมาณ 1 ลิตร ถ้าตัวอย่างมีน้ำมันและไขมันมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้เก็บปริมาณน้อยลง ควรทราบปริมาณที่แน่นอนของตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บในกรณีที่ทำการวิเคราะห์ต้องเลื่อนไป 2 ชั่วโมง หรือมากกว่าให้ Acidify ตัวอย่างจนค่าความเป็นกรด-ด่างสูงหรือต่ำกว่า โดยใช้ 1:1 Hel และ 1:1 $H_2SO_4$ และเก็บในตู้เย็น สำหรับตัวอย่างที่เป็นการตกตะกอน (Sludge) ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของทั้งหมด ในกรณีที่ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ภายในเวลา 2 ชั่วโมง ให้เติม Conc. HCL 1 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 80 กรัม ควรเก็บไว้ในตู้เย็น และห้ามใช้ $CHCl_3$ หรือโซเดียมแมนโซแอซในการเก็บตัวอย่างโดยเด็ดขาด เนื่องจากตัวทำละลายมีความสามารถที่จะทำละลาย ไม่เฉพาะน้ำมันและไขมันเท่านั้นแต่ยังสามารถละลายสารอินทรีย์อีกด้วย ดังนั้นสารที่จะทำละลายในตัวทำละลาย และผ่านการกรองไปได้ เช่น กำมะถัน สารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน Organic Dyes บางตัว และ Hydrocabon Dery Derivatives ของคลอรีน ซัลเฟอร์ และไนโตรเจนซึ่งถูกสกัด และนำกลับคืนมาถูกเรียกว่าน้ำมันและไขมัน จากการทดลองบอกไม่ได้ว่าตัวทำละลายตัวไหนที่จะทำละลายเฉพาะน้ำมันและไขมันได้ ดังนั้น เพื่อให้ผลที่น่าเชื่อถือแต่ละตัวอย่าง ทำซ้ำ 2 ครั้ง Saxhile Extraction Short, Chain Hydrocarbon และ Simple Aromatic ในการระเหยเป็นไอในระหว่างการกำจัดตัวทำละลายออกไป ดังนั้น จึงควรเข้มงวดกับเวลาการทำให้แห้งเป็นอย่างมาก

การกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสีย มีอยู่หลายวิธีดังต่อไปนี้

1) การเติมคลอรีน เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยในการกำจัดน้ำมันและไขมันต่าง ๆ ในน้ำเสีย คลอรีนที่ใช้ในการเติมลงไปอาจเป็นสารละลาย โดยการเติมสารละลายคลอรีนลงในถังตะกอนแรก หรือในถังเติมอากาศ โดยทั่วไปแล้วใส่คลอรีนประมาณ 2 ถึง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ก็อาจเพียงพอที่จะกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสีย

2) การเติมคลอรีนรวมกับการเป่าอากาศจะเป็นวิธีที่ดีกว่า การเติมคลอรีนอย่างเดียว สำหรับการกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสีย ซึ่งเป็นระบบการใช้ก๊าซคลอรีนผสมกับอากาศเพื่อเป่าถังอากาศ โดยทั่วไปแล้วใช้คลอรีนประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

3) การทำให้ลอยเป็นกระบวนการที่นิยมกันมากสำหรับการกำจัดน้ำมันและไขมัน ซึ่งเป็นวิธีง่าย และมีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอื่น ๆ กระบวนการทำให้ลอยนี้มีหลักการ คือ นำน้ำมันหรือไขมันซึ่งมีน้ำหนักเบาทำให้ลอยขึ้น โดยอาศัยแรงลอยตัวของฟองอากาศพยุงพาน้ำมันและไขมันเหล่านี้ลอยตัวขึ้นสู่ผิว

4) การเพิ่มอุณหภูมิ ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดน้ำมันและไขมัน คือ ถ้าอุณหภูมิของน้ำเสียในน้ำมันและไขมันสูงขึ้น ค่าความต่างจำเพาะของน้ำจะลดลง ทำให้น้ำมันและไขมันต่าง ๆ ในน้ำเสียลอยขึ้นมาได้ง่ายขึ้น จึงเป็นประโยชน์ต่อการกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสียได้อย่างมากทีเดียว

5) การขัดถู บางครั้งน้ำมันและไขมันในน้ำเสียได้ไหลลงสู่บ่อเปียกในสถานีสูบน้ำเสียประจำทำให้น้ำมันและไขมันสะสม และเกาะตามกำแพงของบ่อ ปัญหานี้แก้ไขโดยใช้น้ำฉีดแรง ๆ หรือการขัดถูบริเวณที่มีน้ำมันและไขมันเกาะติดอยู่ และถ้าจำเป็นควรถ่ายน้ำเสียทิ้งออกจากบ่อช้า ๆ จากนั้นทำการขัดถูบริเวณพื้นบ่อเปียกออก วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำมันและไขมันจากน้ำเสียในบ่อเปียกออก คือ การป้องกันไม่ใช้น้ำมันและไขมันเหล่านี้ไปอุดตันในเครื่องสูบน้ำ

6) การเป่าอากาศ ในระบบต้องใช้พลังงานมาก แต่จะทำให้การบำบัดน้ำเสียง่ายขึ้นมาก เพราะว่าไม่เพียงแต่สามารถกำจัดน้ำมันและไขมันออกได้เท่านั้นยังสามารถกำจัดตะกอนหนักสามารถลดค่าบีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ช่วยควบคุมกลิ่นในระบบบำบัด ช่วยลดปริมาณตะกอนที่เกาะสะสมอยู่บริเวณกำแพง และบริเวณก้นเปียก ระบบเป่าอากาศที่มีหลักการง่าย ๆ คือ เป่าอากาศลงในน้ำ ฟองอากาศจะนำพวกน้ำมันและไขมันต่าง ๆ ลอยขึ้นมา จากนั้นจึงทำการตัก หรือกวาดน้ำมันและไขมันออกจากถังเป่าอากาศ

2.4.5 **ความเป็นกรด-ด่าง** (pH) หมายถึง สภาพของความเป็นกรด หรือเป็นด่างของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวละลาย (Aqeous Solution) ความเป็นกรด-ด่างเป็นลักษณะทางเคมีของน้ำที่มีความสำคัญมาก และมีความสัมพันธ์กับระบบต่าง ๆ มากมาย การวิเคราะห์น้ำมักจะวัดความเป็นกรด-ด่างด้วยทุกครั้งเนื่องจากสามารถวัดได้ง่าย และยังใช้ความเป็นกรด-ด่างเป็นตัวควบคุมของกระบวนการต่าง ๆ ทั้งในด้านน้ำดี และน้ำเสีย เช่น ระบบผลิตน้ำประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย การตกตะกอน กระบวนการโคแอกกูเลชั่น (Coagulation) เป็นต้น สามารถใช้หาความเป็นกรด-ด่างคาร์บอนไดออกไซด์ และสมดุลกรด-ด่าง อื่น ๆ ได้ ตลอดจนแสดงค่าความเข้มข้นของการเป็นกรด-ด่างของสารละลายได้ ดังนั้นการวัดความเป็นกรด-ด่างจึงเป็นการวัดความเข้มข้นของ $H^+$ ในน้ำ

ความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 0-14 น้ำบริสุทธิ์ เท่ากับ 7 น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 ถือว่าเป็นด่าง ส่วนน้ำที่มีพีอช ต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด $H^+$ เกิดขึ้นจากการแตกตัวของกรดในน้ำ

การวัดความเป็นกรด-ด่างซึ่งอาจทำได้ 2 วิธี คือ วิธีการเทียบสี (Colorimetric) และวิธีทางไฟฟ้า(Electrometric) การวัดความเป็นกรด-ด่างโดยวิธีการเทียบสีเป็นวิธีที่ง่าย และเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่จะเหมาะสำหรับน้ำที่สะอาด น้ำที่ไม่มีสี ไม่มีความขุ่น หรือตะกอนแขวนลอย และส่วนการวัดความเป็นกรด-ด่างโดยวิธีไฟฟ้าจะได้ผลถูกต้องแน่นอนกว่า แต่อุปกรณ์การวัดจะราคาแพงกว่าวิธีการเทียบสี (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2551)

2.4.6 **สีและกลิ่น** (Color and Oder)

สีของน้ำเกิดจากการปนเปื้อนของสารต่าง ๆ ทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ทั้งที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ สีในน้ำอาจเป็นผลมาจากน้ำนั้นมีอิออนของโลหะในธรรมชาติ เช่น เหล็ก และแมงกานีส เป็นต้น ฮิวมัส แพลงค์ตอน วัชพืช และสารปนเปื้อนจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม สารที่ทำให้เกิดสีในน้ำมีที่มาจากธรรมชาติ และจากมนุษย์ เช่น ขยะชุมชน และขยะอุตสาหกรรม เป็นต้น

วิธีวัดสีมีหลายวิธี เช่น การเปรียบเทียบด้วยตาเปล่า การใช้เทคนิคทางสเปคโตรโมโตเมตริก วิธี Tristimulus Filter และ ADMI Tristimulus Filter วิธีเปรียบเทียบด้วยตาเปล่าสามารถใช้ได้กับตัวอย่างน้ำทั่วไป แต่ถ้าน้ำถูกปนเปื้อนด้วยน้ำทิ้งอุตสาหกรรมบางประเภทก็อาจทำให้เกิดสีซึ่งไม่ปกติทำให้ไม่สามารถจะเปรียบเทียบได้ด้วยตาเปล่าได้ต้องใช้วิธีทางเครื่องมือเข้าช่วย

กลิ่นของน้ำมีสาเหตุมาจากหลายประการ เช่น การมีสารประกอบอินทรีย์ และสารประกอบนินทรีย์ ที่มีกลิ่นเฉพาะตัวปนเปื้อนอยู่ ทั้งนี้อาจจะเกิดมาจากการมีสารอินทรีย์ที่ในแหล่งน้ำนั้น เช่น น้ำมีกลิ่นสนิมเหล็ก เป็นต้น หรืออาจเกิดจากการที่จุลินทรีย์ในน้ำย่อยสารประกอบอินทรีย์ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่น เช่น ฟีนอล ครอโรฟีนอล ไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือสารประกอบซัลไฟด์อื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งถ้าในน้ำมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอเมื่อจุลินทรีย์ผลิตสารประกอบที่มีกลิ่นเหล่านี้ออกมาก็จะมีผลทำให้มีกลิ่นเหม็นได้ นอกจากนี้กลิ่นของน้ำอาจมีสาเหตุมาจากพวกสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (Blue Green Algae)

การตรวจกลิ่นของน้ำ

การตรวจกลิ่นของน้ำมีหลายวิธีแต่ที่ใช้กันมากที่สุด และมีความยุ่งยากน้อย คือการดมกลิ่นโดยคน ซึ่งมีข้อควรคำนึงถึงอยู่หลายประการ คือ

1) ควรทำเฉพาะตัวอย่างที่พิจารณาแล้วว่าปลอดภัยเท่านั้น

2) อย่าใช้กับน้ำทิ้งทั่วไป หรือน้ำทิ้งที่ระบายออกจากระบบที่มีลักษณะคล้ายน้ำทิ้งทั่วไป

3) ต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง ต้องสะอาดทั้งเครื่องมือ และภาชนะที่ใส่ตัวอย่างน้ำ ควรทำความสะอาด และฆ่าเชื้อก่อนทุกครั้ง

4) ทำการตรวจวิเคราะห์ในห้องที่ปราศจากกลิ่นรบกวน ถ้าเป็นไปได้ควรใช้ใส้กรองอากาศที่ใช้ถ่านเป็นวัสดุกรองเพื่อกำจัดกลิ่นที่อาจปนเปื้อนมากับอากาศ และห้องวิเคราะห์ต้องมีอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์คงที่ (ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข, มปป)

## 2.5 การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของน้ำทิ้งนั้นจะต้องได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของน้ำทิ้งนั้นจริง ๆ มิฉะนั้นแล้วผลการวิเคราะห์ออกมาจะไม่ถูกต้องนำไปใช้ประโยชน์ตามที่ต้องการไม่ได้ ด้วยเหตุนี้การเก็บตัวอย่างในแต่ละครั้งจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ และดำเนินการเลือกวิธีเก็บตัวอย่างแล้ววิเคราะห์ให้ได้ข้อมูลตามต้องการ

### 2.5.1 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ (Sampling)

ขั้นตอนแรกต้องพิจารณาถึงประเภทของแหล่งน้ำที่ต้องดำเนินการ เช่น น้ำเสียหรือน้ำทิ้งจากระบบบำบัด น้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือแหล่ง

รองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งในแต่ละแหล่งน้ำมีวิธีการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมแตกต่างกันออกไป โดยทั่วไปวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำจะแบ่งออก ได้เป็น 3 วิธีคือ

2.5.1.1 การเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) หมายถึง การเก็บตัวอย่างน้ำครั้งเดียวจุดเดียวในเวลาใดเวลาหนึ่ง แล้วนำมาวิเคราะห์ก็จะได้ผลแสดงคุณสมบัติของน้ำเสีย ณ จุดนั้น และในเวลานั้น ไม่ได้เป็นตัวแทนของน้ำเสียอย่างแท้จริง การเก็บตัวอย่างแบบนี้จะทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของน้ำเสียในแต่ละจุดว่ามีคุณสมบัติเป็นอย่างไร มีความเข้มข้นระดับไหน สมควรจะนำมารวมกับน้ำเสียจากจุดอื่น ๆ ก่อนเข้าระบบบำบัดหรือไม่ หรือควรแยกออกมาบำบัดเฉพาะส่วนจะเหมาะสม และประหยัดกว่าการเก็บตัวอย่างในลักษณะนี้จะเห็นความผันแปรของปริมาณและความเข้มข้นของน้ำเสียในจุดต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน

ข้อดีของการเก็บน้ำตัวอย่างด้วยวิธีนี้ คือ ในกรณีที่น้ำเสียไหลไม่ต่อเนื่อง เช่น มีการปล่อยน้ำเสียออกจากกระบวนการผลิตเป็นครั้งคราว คุณลักษณะของน้ำเสียไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ณ เวลาต่าง ๆ ซึ่งอาจจะต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของน้ำเสีย ณ เวลาใดเวลาหนึ่งตามกรรมวิธีการผลิต

2.5.1.2 การเก็บตัวอย่างแบบผสมรวม (Composite Sampling) หมายถึง การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ณ จุดหนึ่งจุดใดติดต่อกันตลอดวัน แล้วนำน้ำเสียจากจุดเก็บต่าง ๆ มารวมกัน การเก็บน้ำเสียแบบนี้ปริมาณที่เก็บจะต้องเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของการไหลของน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียไหลออกมามากก็เก็บมาก ถ้าไหลออกมาน้อยก็เก็บน้อย การเก็บแต่ละครั้งจะห่างประมาณ 2 ชั่วโมง หรือ 3 ชั่วโมง ตามความเหมาะสมจนครบ 1 วัน แล้วจึงนำเอาน้ำเสียที่เก็บได้มารวมกันก็จะได้น้ำเสียที่เป็นตัวแทนจริง ๆ ผลจากการวิเคราะห์ของน้ำเสียที่เก็บด้วยวิธีนี้สามารถนำไปออกแบบระบบได้

ข้อดีของการเก็บน้ำตัวอย่างด้วยวิธีนี้ คือ จะรู้ว่าน้ำเสีย ณ จุดใดมีคุณสมบัติเป็นอย่างไรมีความเข้มข้นแค่ไหน มีปริมาณเท่าใด ควรจะนำมารวมหรือแยกบำบัด

ข้อเสียของการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้ คือ เสียเวลา และจะต้องวิเคราะห์น้ำเสียหลายตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างน้ำเสียด้วยวิธีนี้ หากสามารถซื้อเครื่องเก็บแบบอัตโนมัติได้ก็จะเป็นการดี สะดวก แต่มีราคาแพง

น้ำเสียที่เก็บในต้นชั่วโมงต้น ๆ จะต้องเก็บไว้ในห้องเย็นหรือแช่น้ำแข็งไว้เพื่อไม่ให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก การแช่น้ำในห้องเย็น หรืออุณหภูมิต่ำจะหยุดการทำงานของแบคทีเรียที่ปนมากับน้ำเสีย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย แต่ไม่ควรเกิน 6

ชั่วโมง น้ำเสียที่จะต้องเก็บนานเกิน 6 ชั่วโมง ก่อนเก็บตัวอย่างน้ำจะต้องเติมสารเคมีบางชนิดเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลง

2.5.1.3 การเก็บตัวอย่างจากบ่อรวม (Sump Sampling) หมายถึง การเก็บน้ำเสียจากบ่อที่เป็นที่รวมของน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ น้ำเสียจากบ่อรวมจัดได้ว่าเป็นตัวแทนของน้ำเสียที่แท้จริงได้เช่นเดียวกัน หากน้ำเสียถูกกักเก็บไว้ในบ่อนานกว่า 6 ชั่วโมง เมื่อนำมาวิเคราะห์จะทราบคุณสมบัติแล้วสามารถนำไปออกแบบระบบบำบัดได้เช่นกัน

ข้อดีของการเก็บน้ำตัวอย่างด้วยวิธีนี้ คือ เก็บง่าย ไม่ต้องเก็บหลายตัวอย่าง

ข้อเสียของการเก็บน้ำตัวอย่างด้วยวิธีนี้ คือ ไม่สามารถแยกน้ำเสียที่มีความเข้มข้นน้อยออกได้เพราะไม่ทราบว่าจะแยกออก ณ จุดใด เนื่องจากไม่มีข้อมูลเหล่านั้นอยู่เลย ทำให้ต้องบำบัดน้ำเสียปริมาณมาก และค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูง

2.5.2 **ภาชนะที่เก็บน้ำเสีย** (Sample Bottle)

ภาชนะที่เก็บน้ำเสียควรใช้ขวดแก้วปากกว้างล้างให้สะอาด หรือขวดพลาสติกที่มีคุณภาพดี ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดหรือด่าง การเก็บน้ำเสียไม่ควรเก็บจนเต็มขวด ควรมีช่องว่างอากาศเหลืออยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ที่ปนมากับน้ำเสียตายเพราะขาดออกซิเจน

ขวดเก็บน้ำเสียจะต้องมีฉลากติดไว้ บนฉลากจะบอกรายละเอียดถึงแหล่งน้ำเสีย วิธีการรักษา เก็บ ณ จุดใด เวลาเท่าไร พร้อมทั้งวันที่เก็บด้วย (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2541)

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ได้มีผู้ศึกษาวิจัยในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2546) กล่าวว่า วัตถุที่ใช้แทนกากน้ำตาลในการทำน้ำหมักชีวภาพ มีดังนี้ น้ำผึ้ง น้ำตาลทรายแดง นมสด น้ำผลไม้สดทุกชนิด เช่น น้ำมะพร้าว น้ำส้ม น้ำสับปะรด น้ำอ้อย ฯลฯ น้ำซาวข้าว น้ำปัสสาวะ ฯลฯ และสำหรับคนที่มีเศษอาหารในครัวเรือนมากมายต่อวัน ควรช่วยกันบำบัดภายในครัวเรือนด้วยการหมักเป็นปุ๋ยชีวภาพ เศษอาหาร ผักผลไม้ ที่เหลือจากการบริโภคทุกอย่าง ยกเว้นน้ำมัน ใส่ถังหมัก หรือภาชนะ หรือแม้แต่ถุงดำหนา ๆ เติมน้ำตาล หรือกากน้ำตาล และน้ำเปล่า ใช้สูตรในการหมักโดยน้ำหนักของเศษอาหาร 5 ส่วน ต่อกากน้ำตาล 1 ส่วน ต่อน้ำเปล่า 1 ส่วน เคล้าให้เข้ากันปิดฝาถัง ตั้งไว้ในที่ร่ม อย่าให้โดนแดดส่อง เพราะจุลินทรีย์จะตาย ฝาไม่ต้องปิดสนิทเพราะจะมีก๊าซบางชนิดเกิดในระหว่างการหมัก เติมเศษ

อาหารใหม่ได้ทุกวัน ใช้สูตรผสมตามเดิม น้ำตาลเป็นส่วนสำคัญในการหมักเพราะจุลินทรีย์ที่มีในถังหมัก ต้องกินน้ำตาลเพื่อการเจริญเติบโต น้ำปุ๋ยชีวภาพใช้ผสมน้ำ 1 ถ้วยแก้วต่อน้ำ 1 ถัง ใช้รดน้ำต้นไม้สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ใช้ราดในโถส้วม ราดท้องร่อง หรือบริเวณน้ำขังเน่าเสีย

ไกรสร มะโน, สุภลักษณ์ พรหมรับ และเพ็ญภักดิ์ สุริยะเสน (2550 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในการบำบัดน้ำเสียโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พบว่าสามารถใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในการบำบัดน้ำเสียโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามได้ดีระดับหนึ่ง กล่าวคือ ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง แต่มีผลต่อค่าซีโอดี ปริมาณน้ำมันและไขมัน โดยมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งชุดการทดลองที่ 3 (จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 20%) จะมีความสามารถบำบัดค่าซีโอดีได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพ 67.15 % ที่ระยะเวลา 21 วัน และชุดการทดลองที่ 5 (จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 40%) จะสามารถบำบัดน้ำมันและไขมันได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพ 86.26 % ที่ระยะเวลา 21 วัน

กัลยา ยิ้มละไม (2546 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอีเอ็ม (EM) ขยายและประสิทธิภาพของอีเอ็ม (EM) ในการบำบัดน้ำเสีย : กรณีศึกษาสระน้ำมรกต สถาบันราชภัฏนครปฐม ได้ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของอีเอ็ม (EM) ขยายในการบำบัดน้ำเสีย คือ 1 : 1 : 20 (จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) : กากน้ำตาล : น้ำสะอาด) และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า อีเอ็ม (EM) สามารถเพิ่มค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ได้ร้อยละ 66.19 สามารถลดค่าบีโอดี ค่าซีโอดี และปริมาณความขุ่นได้ร้อยละ 31.86 20.71 และ 44.27 ตามลำดับ

ฐิติกร จิ้วไม้แดง (2553 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรขนาดเล็กด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่าที่อัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในการบำบัดน้ำเสีย 1 : 1,000 (จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) : น้ำเสีย) กลุ่มควบคุม มีค่าบีโอดี ซีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอย มากกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<.05$) และมีผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำเสียก่อน และหลังการบำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ (2, 4, 6, 8 และ 10 วัน) พบว่า ที่ระยะเวลาบำบัด 10 วัน กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการบำบัดโดยใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มีค่าบีโอดี และค่าซีโอดี ซึ่งมากกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) โดยสรุปได้ว่า จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) นั้นมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กได้โดยที่สามารถบำบัดค่าบีโอดี ซีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอยได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีบริบทใกล้เคียงกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กได้

เบญจภรณ์ พรมเผ่า และพรทิพย์ นึกอุ่นจิตร (2551 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากน้ำส้ม น้ำมะละกอ และน้ำสับปะรด (กรณีศึกษา : โรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา) พบว่า ตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากน้ำส้ม เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (P<.05) โดยที่จุลินทรีย์อีเอ็มสามารถปรับให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำเสียให้มีค่าเข้าใกล้ 7 มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอย มีปริมาณน้ำมันและไขมัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (P<.05) สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยของตัวอย่างน้ำเสียได้มากที่สุด มีค่าซีโอดี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (P<.05) สามารถลดค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียได้มากที่สุด และจากการวิเคราะห์สีและกลิ่นของตัวอย่างน้ำเสีย พบว่า ตัวอย่างน้ำเสียทั้งก่อน และหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิด ต่าง ๆ นั้น มีผลการวิเคราะห์สีและกลิ่นที่เหมือนกัน คือ มีสีขาวขุ่น และมีกลิ่นเหม็น ยกเว้นตัวอย่างน้ำเสียหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลมีสีน้ำตาล และมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเกิดจากสีของกากน้ำตาลที่มีสีน้ำตาลเข้มเจือปนอยู่

วาสนา การสุวรรณ และศราพร ตันจริง (2546 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ใช้ในการบำบัดไขมันจากบ่อดักไขมันของร้านจำหน่ายอาหารตลาดโต้รุ่งมหาสารคาม โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดที่ 1 เป็นชุดควบคุมไม่เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชุดที่ 2 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 5% ชุดที่ 3 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 10% ชุดที่ 4 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 15% ชุดที่ 5 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 20% วิเคราะห์พารามิเตอร์ดังนี้ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง บีโอดี ซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย และน้ำมันและไขมัน วัดพารามิเตอร์ทุก 7 วัน เป็นเวลา 21 วัน จากการศึกษาพบว่า จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของอุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง แต่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่าง บีโอดี ซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย และน้ำมันและไขมัน โดยมีแนวโน้มลดลง ตามระยะเวลาการบำบัด ซึ่งแสดงว่าจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย และน้ำมันและไขมัน เนื่องจากจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) สามารถช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียและเมื่อดูจากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดแตกต่างกัน โดยประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 4 เติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 15% โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดดังต่อไปนี้ บีโอดี 60.00% ซีโอดี 66.67% ปริมาณของแข็งแขวนลอย

81.05% และปริมาณน้ำมันและไขมัน 87.77% ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมันจากบ่อดักไขมันของร้านจำหน่ายอาหารโดยอัตราส่วนของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่เหมาะสมที่สุด คือชุดการทดลองที่ 4 เติม 15% ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดไขมันสูงที่สุดคือ 87.77% ที่ระยะเวลาการบำบัดที่ 21 วัน

วีระพล วงษ์ประพันธ์ และคณะ (2546 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียจากโรงครัวของโรงพาบาลด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในถังปฏิกิริยาแบบเทเปรียบเทียบอัตราส่วน และระยะเวลาในการบำบัดพบว่าอัตราส่วนจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ร้อยละ 10 มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันสูงกว่าร้อยละ 5 การลดค่าบีโอดีในอัตราส่วนของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ร้อยละ 10 มีประสิทธิภาพในการลดบีโอดีสูงกว่าร้อยละ 5 แต่ในการบำบัดของแข็งแขวนลอยสูงกว่าร้อยละ 10

วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่ (2548) ได้ใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) บำบัดน้ำเสียในบ่อน้ำทิ้งโรงพยาบาล การใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) รักษาสภาพแวดล้อม โดยนำมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงพยาบาล พบว่าค่าบีโอดี ของน้ำในบ่อบำบัดน้ำเสียหลังการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) บำบัด ลดลงจาก 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มาเป็น 11 มิลลิกรัมต่อลิตร และลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมกำหนด

ศูนย์ EM เทคโนโลยี โรงพยาบาลวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท (2546) โรงพยาบาลวัดสิงห์ ใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เทคโนโลยีในการดูแลสิ่งแวดล้อมทั่วทั้งโรงพยาบาลแทนน้ำยา และสารเคมีต่าง ๆ ที่เคยใช้มาในอดีต โดยนำมาใช้ในด้านต่าง ๆ ที่เคยใช้มาในอดีต โดยนำมาใช้ในด้านต่าง ๆ อาทิ การทำความสะอาดพื้นประจำวัน การทำความสะอาดห้องน้ำ ห้องส้วม การดับกลิ่น การซักผ้า การทำความสะอาดจาน ชาม และภาชนะในโรงครัว การดูแลต้นไม้ทั้งหมด การดูแลบ่อบำบัดน้ำเสีย การฉีดพ่นบริเวณเตาเผาขยะติดเชื้อก่อนเผาเพื่อลดปริมาณไดออกซิน (Dioxin) ในอากาศและสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ เป็นต้น เพียงระยะเวลา 1 ปี สามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อน้ำยา และสารเคมีได้ถึง 200,00 บาทต่อปี และทำให้ผู้ให้ และผู้รับบริการของโรงพยาบาลไม่ต้องวิตกกังวลจากการได้รับสารเคมี และน้ำยาต่าง ๆ อีกด้วย โดยในการบำบัดน้ำเสียอัตราส่วนที่ใช้คือ จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ขยายฉีดพ่นในอัตราส่วน จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) : น้ำเสียเท่ากับ 1: 1,000 ลิตร โดยใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ขยาย 2 ลิตร ฉีดพ่นวันละ 1 ครั้ง ทำให้น้ำสะอาดขึ้น ไม่มีกลิ่นเหม็น ทดลองปล่อยปลาพบว่าปลาไม่ตาย

อรุณวรรณ หวังกอบเกียรติ, อารี ไชยาภินันท์ และเสาวนีย์ สุนทรพิทักษ์ (2539 : บทคัดย่อ) ได้ทำการทดลองจุลินทรีย์ในอีเอ็ม (EM) มีกิจกรรมที่สามารถบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน โรงแรม โรงพยาบาล ภัตตาคาร และร้านอาหาร ได้ดีกว่าจุลินทรีย์ทั่ว ๆ ไปที่อยู่ในธรรมชาติ หรือไม่ โดยใช้น้ำเสีย 3 ชนิด เป็นตัวแทนน้ำเสียต่าง ๆ เหล่านั้น คือ น้ำทิ้งจากชุมชน น้ำเสียเทียมจากเทศบาล และน้ำเสียเทียมแป้ง ทำการบำบัดน้ำเสียแต่ละชนิดโดยเปรียบเทียบใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) กับเชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติ ทำการทดลองในระบบเบ็ดเสร็จ ผลปรากฏว่าเชื้อจุลินทรีย์ในอีเอ็ม (EM) เจริญในน้ำเสียได้ทุกชนิด และลดค่าซีโอดี ไนโตรเจน และฟอสเฟต แต่ไม่ได้ดีกว่าเชื้อผสมของจุลินทรีย์ในธรรมชาติที่มีอยู่ในแหล่งที่มาของน้ำเสียชนิดนั้น ๆ

จากการทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) สามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และกากตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียได้ คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) และศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียต่อไป

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการ

## 3.1 รูปแบบการศึกษา

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อนำน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มาใช้ในการทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ลักษณะทั่วไปของจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) การเก็บรักษาจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) การใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น มาใช้ศึกษาในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

## 3.2 ตัวอย่างน้ำเสีย

น้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ตั้งอยู่เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

## 3.3 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการศึกษา

### 3.3.1 วัสดุสำหรับการศึกษา

3.3.1.1 หัวเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ยี่ห้อ อีเอ็ม เอ็กซ์ต้รา (EM Extra)

3.3.1.2 กากน้ำตาล

3.3.1.3 กล้วยสุก

3.3.1.4 แตงโม

3.3.1.5 ฝรั่ง

3.3.1.6 น้ำปราศจากคลอรีน

### 3.3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการศึกษา

3.3.2.1 ถังขนาด 25 ลิตร จำนวน 4 ใบ

3.3.2.2 ถังขนาด 15 ลิตร จำนวน 12 ใบ

3.3.2.3 เครื่องปั่น

3.3.2.4 เครื่องชั่ง

3.3.2.5 กระบอกตวง

3.3.2.6 บีกเกอร์

## 3.4 ขั้นตอนการศึกษา

### 3.4.1 ขั้นเตรียมการ

3.4.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ และรวบรวมความคิดของเรื่องที่จะทำการศึกษาโดยศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร ตลอดจนปรึกษาสอบถามกับบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.4.1.2 ตั้งกรอบ และเขียนแนวคิด เพื่อช่วยในการนำทางสู่การศึกษาในขั้นต่อไปได้ชัดเจน (แผนภูมิ 1.1)

3.4.1.3 ตั้งกรอบการศึกษา ซึ่งอยู่ในขอบเขตของกรอบแนวคิด (แผนภูมิ 1.2)

3.4.1.4 กำหนดพื้นที่ในการศึกษา คือ โรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ซึ่งตั้งอยู่เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

เหตุผลที่เลือกน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) เนื่องจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยฯ มีปริมาณมากประมาณ 12,000 ลิตรต่อวัน ซึ่งระบบการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหารไม่ได้มีประสิทธิภาพมากนัก ไม่ได้มีการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อรองรับน้ำเสียจำนวนมากทำให้น้ำเสียที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด โดยคณะวิจัยเห็นว่าจากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นแนวคิดในการบำบัดน้ำเสียในสถานที่ที่ไม่มีระบบบำบัด โดยจะนำน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

สาเหตุที่เลือกนำกล้วย แตงโม และฝรั่ง มาใช้ในการวิจัยเชิงทดลองผลิตน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เนื่องมาจากผลไม้ดังกล่าวมีตลอดทั้งปีและมีปริมาณมาก ถ้าสุกงอม และเน่าเสียผลไม้ดังกล่าวจะไม่นิยมรับประทาน และมีราคาถูก ซึ่งน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาทำน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) บำบัดน้ำเสียได้

### 3.4.2 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

ก) เตรียมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง

1) เตรียมผลไม้ที่ใช้ในการผลิตน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

การเตรียมน้ำผลไม้เพื่อใช้ในการทำน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มีดังนี้

(1) การเตรียมกล้วย ใช้กล้วยสุกจำนวน 2 กิโลกรัม โดยไม่ต้องปอกเปลือกนำมาล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทั้งเปลือก แล้วนำใส่ลงในเครื่องปั่น ปั่นให้ละเอียด (ภาพ 3.1 ก)

(2) การเตรียมแตงโม ใช้แตงโมจำนวน 2 กิโลกรัม โดยไม่ต้องปอกเปลือกนำมาล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทั้งเปลือก แล้วนำใส่ลงในเครื่องปั่น ปั่นให้ละเอียด (ภาพ 3.1 ข)

(3) การเตรียมฝรั่ง ใช้ฝรั่งสุกจำนวน 2 กิโลกรัม ไม่ต้องปอกเปลือกนำมาล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทั้งเปลือก แล้วนำใส่ลงในเครื่องปั่น ปั่นให้ละเอียด (ภาพ 3.1 ค)

ก

ข

**ภาพ 3.1** แสดงผลไม้ปั่น

ก. กล้วยปั่น

ข. แตงโมปั่น

ค. ฝรั่งปั่น

2) การผลิตน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จากกล้วย แตงโม และฝรั่ง

วิธีการทำน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จากผลไม้มีขั้นตอนดังนี้

(1) ใส่ส่วนผสมต่าง ๆ ลงในถังพลาสติกขนาด 25 ลิตร ที่สะอาดตามที่ต้องการในอัตราส่วนดังต่อไปนี้

<u>กลุ่มควบคุม</u>

- หัวเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) : กากน้ำตาล : น้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1 : 1 : 20 ลิตร ตามลำดับ (กัลยา ยิ้มละไม, 2546)

<u>กลุ่มทดลอง</u>

- หัวเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) : กากน้ำตาล : กล้วย : น้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1 : 1 : 2 : 20 ลิตร ตามลำดับ

- หัวเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) : กากน้ำตาล : แตงโม : น้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1: 1 : 2 : 20 ลิตร ตามลำดับ

- หัวเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) : กากน้ำตาล : ฝรั่ง : น้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1 : 1 : 2 : 20 ลิตร ตามลำดับ (เบญจภรณ์ พรมเผ่า และพรทิพย์ นึกอุ่นจิตร, 2551)

(2) คนให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากัน ปิดฝาให้สนิท แล้วนำมาวางไว้ในที่ร่ม หมักทิ้งไว้อย่างน้อยประมาณ 5-7 วัน จึงนำไปใช้ได้ (ภาพ 3.2)

**ภาพ 3.2** แสดงน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง)

ข) เตรียมน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ตัวอย่างน้ำเสียที่จะนำมาใช้ในการทดลองนั้นได้เก็บจากบ่อพักน้ำเสียรวม ที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ซึ่งจะผ่านบ่อดักไขมันก่อนเข้าสู่บ่อพักน้ำเสียรวม การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจะใช้ถังพลาสติกขนาดเล็ก 1 ลิตร ตักจ้วงน้ำเสียที่บ่อพักน้ำเสียรวม แล้วเทใส่ถังพลาสติกขนาดใหญ่ 15 ลิตร ที่เตรียมไว้ โดยการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อใช้ในการทดลองนี้ จะต้องเก็บตัวอย่างน้ำเสียในจำนวนถังละ 10 ลิตร จำนวน 12 ถัง ต้องเก็บตัวน้ำเสียทั้งหมด 120 ลิตร ด้วยวิธีการเก็บน้ำเสียแบบผสมรวม ซึ่งจะเก็บตัวอย่างน้ำเสียชั่วโมงละ 30 ลิตร โดยเริ่มเก็บตั้งแต่เวลา 09.00-13.00 น. (ภาพ 3.3)

**ภาพ 3.3** แสดงจำนวนตัวอย่างน้ำเสีย 12 ถัง (4 ชุดการทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ)

ค) ดำเนินการทดลอง

1) นำตัวอย่างน้ำเสียที่รวบรวมได้จากข้อ ข. ส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อทราบคุณลักษณะของน้ำเสียก่อนการทดลอง

2) นำตัวอย่างน้ำเสียส่วนที่เหลือตวงใส่ถังที่ใช้ทดลอง ถังละ 10 ลิตร จำนวน 12 ถัง (4 ชุดการทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ)

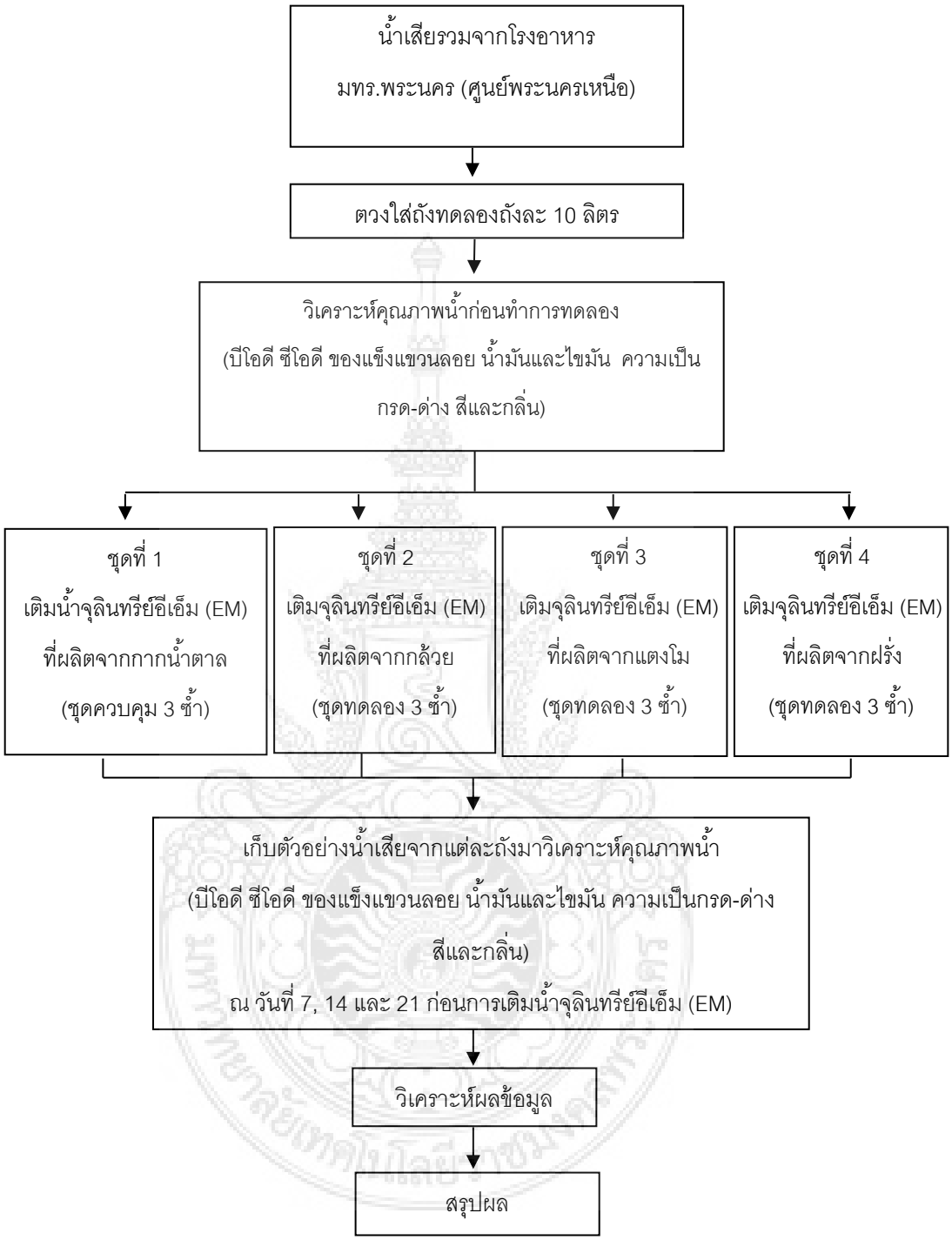
3) นำน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ที่เตรียมไว้ในข้อ ก. มาตวงใส่ในถังแต่ละถังตามอัตราส่วน 1 : 1,000 กล่าวคือ ใส่น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่เตรียมไว้ 10 มิลลิลิตรในน้ำเสียตัวอย่าง 10 ลิตร โดยใส่น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทุก 3 วัน ถังตัวอย่างน้ำเสียทุกถังของชุดการทดลองจะนำมาตั้งไว้ที่บริเวณด้านหลังตึกคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

4) เปิดฝาทิ้งไว้ หรือนำตาข่ายมาคลุมปากถังเพื่อให้อากาศระบายและป้องกันสัตว์ตกลงไป

5) เก็บตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) จำนวน 12 ถัง ในทุก 7 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท เอ็นไวรอนเมนท์ รีเสริชแอนด์เทคโนโลยี จำกัด

6) พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ในตัวอย่างน้ำเสียทั้งก่อนและหลังการทดลอง ได้แก่

- บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand ;BOD)
- ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD)
- ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids; SS)
- น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)
- ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
- สีและกลิ่น (Color and Odor)




**แผนภูมิ** 3.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการทดลองการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล(กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง)

### 3.4.3 วิเคราะห์ผล

3.4.3.1 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ด้วยวิธีวิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ และรายละเอียดการวิเคราะห์ Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. ดังแสดงในตาราง 3.1

**ตาราง 3.1** แสดงวิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ

| พารามิเตอร์ | วิธีการวิเคราะห์ |
|---|---|
| บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand ;BOD) | 5-day BOD Test, Membrane Electrode Method |
| ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD) | Closed Reflux Method |
| ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended solids; SS) | Dried at 103-105ºC |
| น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) | Partition Gravimetric Method |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH) | Electrometric Method (pH Meter) |

**ที่มา** : Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 21st Edition (2005)

ก) การตรวจวิเคราะห์หาค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

<u>เครื่องมือ และอุปกรณ์</u>

1) เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO Meter)

2) ขวดบีโอดี (BOD Bottle) ขนาด 300 มิลลิลิตร มีจุกแบบ Ground-Glass พร้อมฝาครอบพลาสติก (BOD Cap)

3) ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) ที่สามารถป้องกันไม่ให้แสงผ่านเข้าไปได้ และสามารถควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 1 ºC โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 1 ºC

4) ปิเปตแบบปริมาตร (Volumetric Pipette)

5) ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask)

6) โหลแก้วสำหรับเตรียมน้ำเจือจาง

7) เครื่องจ่ายลม และหัวลูกฟู่ (หัวจ่ายลม)

8) เครื่องชั่งความละเอียด (Analytical Balance)

9) เครื่องชั่ง (Balance)

10) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter)

11) บีกเกอร์ (Beaker)

12) แท่งแก้วคนสาร

13) เครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer) และแท่งแม่เหล็ก (Magetic Bar)

14) ขวดสำหรับฉีดล้าง (Washing Bottle) ชนิดพลาสติก

15) อุปกรณ์สำหรับการไตรเตรท (Titrate)

<u>สารเคมี</u>

1) Potassium Dihydrogen Phosphate ($KH_2PO_4$)

2) Di - Potassium Dihydrogen Phosphate ($K_2HPO_4$)

3) Di - Sodium Hydrogen Phosphate hepta hydrate ($Na_2HPO_4 .7H_2O$)

4) Ammonium Chloride ($NH_4Cl$)

5) Magnesium Sulfate ($MgSO_4.7H_2O$)

6) Calcium Chloride ($CaCl_2.2H_2O$)

7) Iron(III) Chloride Hexahydrate ($FeCl_3.6H_2O$)

8) Sulfuric Acid ($H_2SO_4$)

9) Manganese Sulfate ($MnSO_4.H_2O$)

10) Sodium Hydroxide (NaOH)

11) Potassium bi - iodate[$KH(IO_3)_2$]

12) Sodium Iodide (NaI)

13) Sodium Azide ($NaN_3$)

14) Starch Soluble

15) Sodium Thiosulfate pentahydrate ($Na_2S_2O_3.5H_2O$)

16) Purified Water

<u>วิธีเตรียมสารละลาย</u>

1) สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($KH_2PO_4$) 8.5 กรัม ไดโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($K_2HPO_4$) 21.75 กรัม ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($Na_2HPO_4.7H_2O$) 33.4 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ ($NH_4CI$) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1 ลิตร

2) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมโดยละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($NgSO_4.7H_2O$) 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

3) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เตรียมโดยละลายแอนไฮดรัสแคลเซียมคลอไรด์ ($AnhydrousCaCl_2$) 27.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

4) สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ เตรียมโดยละลายเฟอร์ริคคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($FeCl_3.6H_2O$) 0.25 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

5) สารละลายกรด และด่างเพื่อใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำเสีย

6) ค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริคเข้มข้น 28 มิลลิลิตรลงในน้ำกลั่น พร้อมคน เจือจางจนได้ 1 ลิตร แต่ถ้าเป็นด่างละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

7) สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ เตรียมโดยละลายโซเดียมซัลไฟต์ ($Na_2SO_3$) 1.575 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร สารละลายนี้ไม่อยู่ตัวต้องเตรียมวันที่จะใช้

8) ไนตริฟิเคชัน อินฮิบิเตอร์ (Nitrification inhibitor 2-chloro-6 (trichloromethyl) pyridine, TCMP)

9) สารละลายมาตรฐานกลูโคส และกรดกลูตามิก (Glucose – glutamic acid solution) อบกลูโคส และกรดกลูตามิกที่อุณหภมิ 103 °C 1 ชั่วโมง เติม กลูโคส 150 มิลลิกรัม และกรดกลูตามิกในน้ำกลั่นเจือจางจนได้ 1 ลิตร

10) สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ เตรียมโดยละลาย 1.15 กรัม $NH_4Cl$ ในน้ำกลั่น ประมาณ 500 มิลลิลิตร ปรับสารละลายนี้ให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.2 ด้วยสารละลาย NaOH แล้วเจือจางจนได้ 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีไนโตรเจน 0.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

11) น้ำกลั่น Purified Water

12) สารละลายแมงกานีสซัลเฟต เตรียมโดยละลาย $MnSO_4 . 4H_2O$ 480 กรัม หรือ $MnSO_4 .2H_2O$ 400 กรัม หรือ $MnSO_4 .H_2O$ 364 กรัม ในน้ำกลั่น กรอง และปรับปริมาตร จนได้ 1 ลิตร

13) Alkali-iodide azide reagent เตรียมโดยละลาย NaOH 500 กรัม และ NaI 135 กรัม ในน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร แล้วละลาย $NaN_3$ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น

14) น้ำแป้ง Starch Solution วิธีเตรียมละลาย Starch Soluble 5 กรัม ในน้ำต้มประมาณ 800 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน เติมน้ำให้ได้ 1 ลิตร ต้มให้เดือดประมาณ 2-3 นาที ตั้งค้าง

คืนไว้ใช้แต่น้ำใส ๆ ข้างบน ควรเติม Salicylic Acid 1.25 กรัม ต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร หรือ Toluene 2-3 หยดเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

15) สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล เตรียมโดยละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 6.205 กรัม ในน้ำกลั่น เติม 6 N NaOH หรือ NaOH 0.4 กรัม และเจือจางให้ได้ 1 ลิตร ทำการ Standardization สารละลายนี้ด้วยสารละลายไบไอโอเดต หรือ ไดโครเมตที่ทราบความเข้มข้น

16) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัล สารละลายซึ่งจะสมมูลกับ 0.025 นอร์มัล โซเดียมไธโอซัลเฟตจะมี $K_2Cr_2O_7$ อยู่ 1.226 กรัมต่อลิตร $K_2Cr_2O_7$ ที่จะใช้ต้องอบให้แห้งที่ 103 °C ประมาณ 2 ชั่วโมง (Standardization : เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่เตรียมไว้) ละลาย KI ประมาณ 2 กรัม ในขวดรูปกรวยด้วยน้ำกลั่น 100 -150 มิลลิลิตร เติม 6N $H_2SO_4$ 1 มิลลิลิตร ลงไปตามด้วย $K_2Cr_2O_7$ 0.025 นอร์มัล 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 400 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3$ ที่เตรียมไว้ เติมน้ำแป้งเมื่อใกล้จะถึง End Point ซึ่งสังเกตได้จากสีของสารละลายเป็นสีฟางข้าว ถ้าสารละลาย $Na_2S_2O_3$ มีความเข้มข้น 0.025 นอร์มัล ปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรทจะเท่ากับ 20 มิลลิลิตร พอดีปกติแล้วมักปรับความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ให้เท่ากับ 0.025 นอร์มัล พอดีเพื่อความสะดวกในการคำนวณ คำนวณหาความเข้มข้นจากสูตร

$$\text{เมื่อ } M_2 = (V_1\ M_1) / V_2$$

$M_2$ = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มัล)

$V_2$ = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)

$V_1$ = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (มิลลิลิตร)

$M_1$ = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (นอร์มัล)

<u>วิธีการที่ต้องเจือจางตัวอย่าง</u>

การเจือจางตัวอย่างสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การเจือจางในกระบอกตวง และการเจือจางโดยตรงในขวด BOD สำหรับการเจือจางโดยตรงในขวด BOD ถ้าใช้ตัวอย่างน้อยกว่า 0.5 มิลลิลิตร ให้เจือจางตัวอย่างเบื้องต้นก่อน

1) เติมอากาศให้ตัวอย่างประมาณ 2 นาที

2) กำหนดปริมาณการเจือจางตัวอย่าง โดยส่วนใหญ่กำหนด 3 ช่วง ให้ครอบคลุมค่า BOD ที่ประเมินไว้ การเจือจางที่ดีควรให้ผลของ DO ที่เวลา 5 วัน มีค่าอย่างน้อย 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณของ DO ที่ลดลงหลังจากเวลา 5 วัน ควรมีค่าอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร การหาค่า COD ของตัวอย่าง ซึ่งสามารถรู้ผลภายในเวลา ประมาณ 2 ชั่วโมง สามารถช่วยในการเลือกช่วงที่จะเจือจางตัวอย่างได้ โดยส่วนใหญ่ค่า BOD จะมีประมาณ 60% ของค่า COD หรืออาจจะประเมินจากประเภทของตัวอย่าง ดังนี้

- น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ให้เจือจาง น้อยกว่า 1.0%
- น้ำเสียชุมชน ให้เจือจาง 1 ถึง 5%
- น้ำที่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพ ให้เจือจาง 5 ถึง 25%
- น้ำแม่น้ำที่เน่าเสีย ให้เจือจาง 25 ถึง 100%

3) เทตัวอย่างในปริมาณที่ต้องการลงในกระบอกตวง 1,000 มิลลิลิตร

4) เติมน้ำเจือจางลงไปจนปริมาตรได้ 700 มิลลิลิตร

5) กวนตัวอย่างให้เข้ากันดีด้วยแท่งกวนหรือเครื่องกวน

6) ค่อยๆ เทตัวอย่างลงในขวด BOD จำนวน 2 ขวด พยายามอย่างให้เกิดฟองอากาศ เพราะจะถือว่า DO ของตัวอย่างทั้ง 2 ขวด มีค่าเท่ากัน ปิดจุกหล่อน้ำ ใส่ฝาครอบ

7) นำตัวอย่างไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 °C 1 ขวด ขวดที่เหลือนำไปวิเคราะห์หาค่า DO ทันที ด้วย

<u>วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง</u>

1) การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ (Pretreatment)

2) นำตัวอย่างน้ำที่มีการปรับอุณหภูมิให้ได้ 20 ± 3 °C

3) เติมอากาศให้ตัวอย่างมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำใกล้จุดอิ่มตัว

4) ค่อย ๆ รินตัวอย่างน้ำลงในขวดบีโอดีจนถึงคอขวด ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ โดยรินตัวอย่างใส่ขวดบีโอดี 2 ขวด ต่อ 1 ตัวอย่าง ปิดจุกให้สนิท และมีน้ำหล่อที่ปากขวด

5) นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลาย ดังนี้

- เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตร และสารละลายอัลคาไลไอโอไดด์ 1 มิลลิลิตร

- ปิดจุกระวังอย่าให้มีฟองอากาศ เขย่าโดยการกลับขวดไปมาประมาณ 15 ครั้ง จะเกิดตะกอนสีน้ำตาลปล่อยให้ตกตะกอน

- เปิดจุกออกแล้วเติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น 2 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน จนกระทั่งตะกอนละลายหมด ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ก่อนนำไปไตเตรทสารละลายนี้จะเก็บไว้ได้ 2 ชั่วโมง

- ไตเตรทสารละลายตัวอย่างด้วย โซเดียมไทโอซัลเฟต 0.025 N จนกระทั่งสีเหลือง เริ่มจางลง (สีฟางข้าว) เติมน้ำแป้ง 1 มิลลิลิตร จะได้สีน้ำเงิน ไตเตรทต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงิน

6) บันทึกปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟต ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่มีเริ่มต้น ให้เป็น $DO_0$

7) นำอีกขวดหนึ่งใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20±1 ºC เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบ 5 วัน แล้ว นำตัวอย่างนั้นมาหาออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่ ดังวิธีตามข้อ 5

8) บันทึกปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟต ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่เพาะเลี้ยงไว้เป็นเวลา 5 วัน ให้เป็น $DO_5$

<u>การพิจารณาผลเพื่อใช้คำนวณค่า BOD</u>

ผลที่น่าเชื่อถือและจะใช้คำนวณต่อไปได้นั้นจะต้องมีค่าปริมาณ DO เหลืออยู่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และต้องมีการลดปริมาณ DO ลงไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตรของตัวอย่างที่ทำการเจือจาง จึงจะทำให้ค่า BOD ที่คำนวณออกมาได้นั้นถูกต้องที่สุด

<u>การคำนวณ</u>

$$BOD_5 \text{ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{D_0 - D_5}{p}$$

เมื่อ $D_0$ = DO ของตัวอย่างที่ทาการเจือจาง และทาการหาทันที (มิลลิกรัมต่อลิตร)

$D_5$ = DO ของตัวอย่างที่ทาการเจือจางแล้วเพาะเลี้ยงไว้เป็นเวลา 5 วันที่ 20 °C (มิลลิกรัมต่อลิตร)

P = % Dilution

ข) การตรวจวิเคราะห์หาค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD)

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1) หลอดย่อย (Digestion Vessels) เป็นหลอดแก้วบอโรซิลิเคท (Borosillicate) มีฝาสลักเกลียวซึ่งทำด้วย TFE

2) เตาหลอด (Heater Block) หรือเตาซีโอดี (COD Reactor) เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนสำหรับหลอดแก้วโดยเฉพาะ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 150±2 ºC หรืออาจใช้บล็อกวางบนเตาแผ่นก็ได้ บล็อก (Block) ใช้สำหรับใส่หลอดแก้ว ทำด้วยอลูมิเนียม ความลึกของช่องใส่หลอดประมาณ 45-50 มิลลิเมตร การให้ความร้อนเพื่อต้มย่อยสลายทำโดยวางบล็อกบนเตาแผ่นหรืออาจใช้เตาอบก็ได้

3) เตาอบ (Oven) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ 150±2 ºC

4) บิวเรต

5) ขวดรูปกรวยขนาด 125 มิลลิลิตร

6) กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร

7) ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร

8) หลอดหยดสาร

9) บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

10) บีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร

11) จุกยางดูดสาร

12) ช้อนตักสาร

13) ขายึดบิวเรต

<u>สารเคมี</u>

1) สารละลายมาตรฐานโปรแทสเซียมไดโครเมต (Standard Potassium Dichromate Solution; $K_2Cr_2O_7$) 0.0250 นอร์มัล สารละลาย 12.259 กรัม ของ $K_2Cr_2O_7$ (อบแห้งที่ 103 º C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

2) กรดซัลฟูริก (Sulfuric Acid; $H_2SO_4$) และซิลเวอร์ซัลเฟต (Silver Sulfate; $Ag_2SO_4$) เติม $Ag_2SO_4$ 22 กรัม ลงใน $H_2SO_4$ (Conc.) 2.5 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน

3) สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Standard Ferrous Ammonium Sulfate Solution; $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) 0.10 นอร์มัล สารละลาย 39 กรัม ของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ในน้ำกลั่นแล้วเติม $H_2SO_4$ (Conc.) ทำให้เย็นแล้วปรับปริมาตร 1 ลิตร

4) เฟอร์โรอินดิเคเตอร์ (Ferroin Indicator) สารละลาย 1.485 กรัม ของ 1-10 Phenanthroline Monohydrate ($C_{12}H_8N_2.H_2O$) และ 695 มิลลิกรัม ของ Ferrous Sulfate Heptahydrate ($FeSO_47H_2O$) ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

5) เมอร์คิวริคซัลเฟต (Mercuric Sulfate; $HgSO_4$)

วิธีการวิเคราะห์

1) การเลือกหลอดแก้ว สำหรับการต้มซีโอดีให้เหมาะสม

2) ใส่ตัวอย่างน้ำลงในหลอดแก้วขนาดเหมาะสมเติมน้ำยาย่อยสลาย หรือโปรแทสเซียมไดโครเมต ตามด้วยกรดกำมะถันอย่างช้า ๆ ในปริมาตร 1:1 ปิดฝาให้แน่นเขย่าผสมให้เข้ากัน สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแล้วทำเหมือนตัวอย่างทุกอย่าง

3) วางหลอดแก้วในบล็อก ใส่ตู้อบตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 150±2 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบตั้งทิ้งไว้

4) การทำไตเตรชั่น เทสารละลายออกจากหลอดแก้วลงในขวดรูปกรวย ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมด แล้วเทรวมลงในขวดรูปกรวย เติมเฟอร์โรอีนอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด แล้วไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานเอฟเอเอส (FAS) สีของสารละลายจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากเหลืองไปเป็นเขียวอมเหลือง แล้วเปลี่ยนเป็นสีฟ้า และสุดท้ายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดยุติของปริมาณเอฟเอเอสที่ใช้ไตเตรท

การคำนวณหาค่าซีโอดี

$$\text{ซีโอดี (COD) (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(a-b) \times N \times 8000}{\text{มิลลิตรของน้ำตัวอย่าง}}$$

เมื่อ a = มิลลิลิตรของ FAS ที่ใช้ในการไตรเตรท blank

b = มิลลิลิตรของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทน้ำตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของ FAS นอร์มัล

ค) การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; SS) โดยวิธีทำให้แห้งที่ 103-105 °C

เครื่องมือและอุปกรณ์

1) กระดาษกรองใยแก้ว GF/C เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร

2) ชุดกรอง

- กรวยบุคเนอร์ ความจุ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ขวดกรอง

3) เครื่องดูดสุญญากาศ (Suction Pump) พร้อม ขวดดูดสุญญากาศ ขนาด 500-1,000 มิลลิลิตร

4) เครื่องชั่งอย่างละเอียด สามารถชั่งได้ ถึง 0.0001 กรัม

5) โถทำแห้งพร้อม สารดูดความชื้น

6) ตู้อบที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

7) ถ้วยอะลูมิเนียม ฟรอยล์

8) ปากคีบ

วิธีการวิเคราะห์

1) นำกระดาษกรอง GF/C ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 ºC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง

2) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง GF/C สมมุติให้กระดาษกรองมีน้ำหนัก A กรัม วางไว้บนถ้วยอลูมิเนียมฟรอยล์

3) ต่อชุดเครื่องมือสำหรับกรอง ใช้ปากกาคีบหยิบกระดาษกรอง GF/C วางไว้บนกรวยบุคเนอร์ เปิดเครื่องสุญญากาศล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งติดต่อกัน โดยใช้ครั้งละ 20 มิลลิลิตร เปิดเครื่องสุญญากาศต่อให้ดูดน้ำออกจนแห้ง ทิ้งน้ำล้างไป

4) เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำที่จะใช้โดยพิจารณาจากลักษณะของน้ำ ถ้าน้ำขุ่นมีของแข็งแขวนลอยมาก ควรใช้ปริมาณน้อย ๆ แต่ถ้าน้ำใสควรใส่ปริมาณน้ำตัวอย่างให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (ควรเลือกให้มีค่าของแข็งแขวนลอยปริมาณมากเกินไปอาจจะจับน้ำเอาไว้) เขย่าตัวอย่างให้เข้ากันอย่างดี เทตัวอย่างที่ทราบปริมาตรลงกรอง โดยค่อย ๆ เททีละน้อยอย่างต่อเนื่องจนหมด ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างภาชนะที่ตวงตัวอย่าง เทลงกรอง และฉีดน้ำกลั่นที่ด้านข้างของกรวยบุคเนอร์ รวมทั้งบนกระดาษกรอง GF/C ปล่อยให้เครื่องสุญญากาศดูดน้ำออกจนแห้ง ปิดเครื่อง

5) ใช้ปากกาคีบหนีบขอบกระดาษกรองขึ้นวางบนถ้วยอลูมิเนียมฟรอยด์ นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105° C อย่างน้อยเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็นในโถทำให้แห้ง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง สมมติน้ำหนัก B กรัม

6) ควรทำข้อ 5 ซ้ำ จนได้น้ำหนักคงที่หรือจนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 4 ของน้ำหนักครั้งก่อนหรือประมาณ 0.5 มิลลิกรัม

ง) การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)

วิธีนี้เหมาะสำหรับวิเคราะห์ค่าน้ำมันและไขมันที่มีปริมาณที่น้อยในธรรมชาติ น้ำสะอาด หรือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วเท่านั้น

เครื่องมือและอุปกรณ์

1) กรวยแยกขนาด 500 มิลลิกรัม (Separatory Funnel) พร้อมจุกเทฟลอน

2) ถ้วยระเหย (Evaporating Dies)

3) เครื่องอัด (Water Bath)

4) กระดาษกรอง Whatman No. 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร

5) บีกเกอร์ขนาด 500 และ 100 ซึ่งล้างด้วยเฮกเซนประมาณ 15 มิลลิลิตรไว้ก่อน

6) โถดูดทำแห้ง

7) เครื่องชั่งละเอียด

8) กรวยกรอง (Funnel)

9) กรดกำมะถันเข้มข้น (Conc. $H_2 SO_4$)

10) เฮกเซน (n-Hexane) หรือ ฟรีออน

11) โซเดียมซัลเฟต ปราศจากน้ำ

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1) ปรับความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตัวอย่างให้เป็นกรดให้ความเป็นกรด-ด่าง น้อยกว่า 2 สกัดน้ำมันและไขมันด้วยตัวทำละลายในกรวยแยก จากนั้นระเหยด้วยตัวทำละลาย ออกจนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง ซึ่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมาเนื่องจาก น้ำหนักของน้ำมันและไขมันตัวทำละลายที่ใช้จะเป็นเฮกเซนหรือฟรีออน

2) เทน้ำตัวอย่างที่ทราบปริมาณจำนวน (500 มิลลิเมตร) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิเมตร เติมกรดกำมะถันเข้มข้น จนความเป็นกรด-ด่าง น้อยกว่า 2 หรือประมาณ 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ตัวอย่าง

3) เทน้ำตัวอย่างจากบีกเกอร์ใส่กรวยแยก เติมเฮกเซน 10-15 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรง 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ สารผสมจะแยกชั้น โดยชั้นเฮกเซนจะอยู่ส่วนบน ส่วนชั้นของน้ำจะอยู่ชั้นล่าง

4) ถ่ายชั้นน้ำตัวอย่างไว้ในบีกเกอร์เดิม เพื่อนำมาสกัดอีก

5) ถ่ายชั้นวางเฮกเซนที่มีน้ำมันและไขมันละลายอยู่ผ่านกรวยกรองที่มีโซเดียมซัลเฟตบนกระดาษกรอง ลงในถ้วยระเหย ซึ่งได้ทำแห้งและมีน้ำหนักคงที่ ซึ่งน้ำหนักสมมุติแล้วเป็น A กรัม

6) ทำการสกัดซ้ำด้วยวิธีเดียวกันอีก 2 ครั้ง จนกระทั่งน้ำมันและไขมันถูกสกัดออกมาจนหมด

7) นำถ้วยระเหยที่มีน้ำมันและไขมันละลายอยู่ ไประเหยเอาเฮกเซนออก บนเครื่องอังน้ำที่มีอุณหภูมิ 70° C

8) ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนักสมมติเป็น B

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณน้ำมันและไขมันทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(X-Y)\times 10^6}{Z}$$

เมื่อ X = น้ำหนักเป็นมิลลิกรัมของน้ำมันและไขมัน

Y = Blank คือน้ำหนักเป็นมิลลิกรัม ของส่วนที่เหลือของเฮกเซน

Z = ปริมาณของน้ำตัวอย่าง

จ) การตรวจวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยวิธีไฟฟ้า

เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องวัดพีเอช

วิธีการวัดความเป็นกรด-ด่าง

1) หลังจากเปิดเครื่องวัดพีเอชให้เครื่องร้อน 15 นาทีก่อนใช้งาน

2) ปรับเทียบมาตรฐาน (Standardization) เปิดเครื่องให้พร้อมก่อนที่จะวัดความเป็นกรด-ด่าง ตัวอย่าง โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ทราบค่าความเป็นกรด-ด่าง แน่นอน

3) ตัวอย่างน้ำที่จะนำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง จะต้องปล่อยให้มีอุณหภูมิคงที่เสียก่อน เช่นในกรณีตัวอย่างน้ำที่แช่เย็นไว้ ต้องนำออกจากตู้เย็น ตั้งทิ้งไว้จนหายเย็น จึงนำไปวัดความเป็นกรด-ด่าง เพราะความเป็นกรด-ด่าง จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ

4) ก่อนวัด เขย่าน้ำเสียให้เข้ากันดี เทใส่บีกเกอร์ และวางบนแท่งกวนแม่เหล็ก จุ่มอิเล็กโทรด แล้วเปิดเครื่องกวนให้หมุนเบา ๆ (ถ้าไม่มีเครื่องกวนแม่เหล็ก ให้ขยับอิเล็กโทรดเบา ๆ) จนตัวเลขแสดงความเป็นกรด-ด่าง หยุดนิ่ง อ่านความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำ

5) เมื่อจะทำการวัดตัวอย่างต่อไปให้ฉีดล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่น แล้วซับด้วยกระดาษหรือผ้านุ่ม ๆ แล้วจึงวัดตัวอย่างถัดไป แต่ถ้าจะเลิกวัดหลังจากที่ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นจนสะอาดและซับให้แห้งแล้วให้แช่อิเล็กโทรดไว้ในสารละลายที่มีอิออนมากพอควร และมีฤทธิ์เป็นกรด เช่น สารละลายบัฟเฟอร์ 4 หรือที่ดีที่สุดในน้ำยาสำหรับเก็บรักษาอิเล็กโทรด

ฉ) สีและกลิ่น

วิธีการทดลอง

ใช้วิธีการดมกลิ่น และสังเกตลักษณะของสีที่ปรากฏ

3.4.3.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ ของการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว ซึ่งได้แก่ บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย น้ำมันและไขมัน ความเป็นกรด-ด่าง และสีและกลิ่น จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณน้ำมันและไขมัน และความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำเสียโดยวิธีของ Scheffe เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) แต่ละชนิด

**3.4.4 สรุปและนำเสนอ**

3.4.4.1 สรุปตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ในบทที่ 1

3.4.4.2 ผลวิเคราะห์ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณน้ำมันและไขมัน ความป็นกรด-ด่าง สีและกลิ่น

# บทที่ 4

# ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

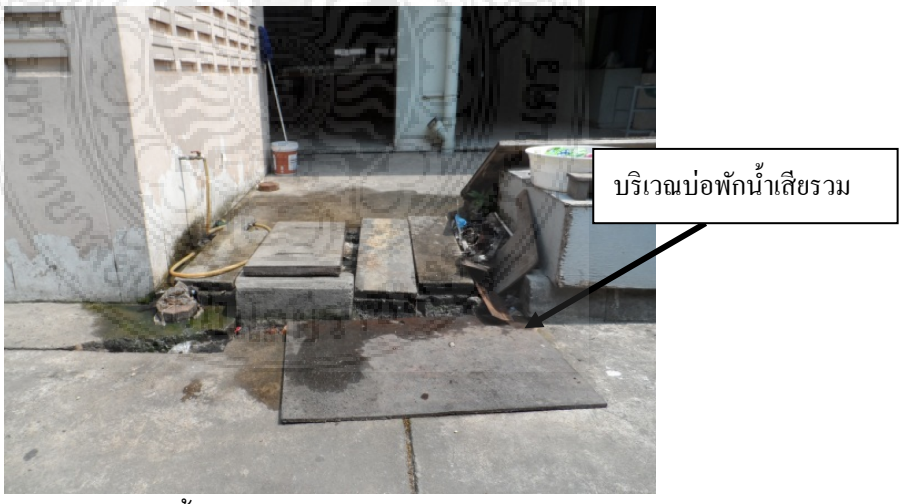
จากการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง กรณีศึกษา : โรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) แสดงผลการทดลองได้ดังนี้

## 4.1 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

### 4.1.1 ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4.1.1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ก) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนการบำบัดที่บ่อพักน้ำเสียรวมของโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ดังแสดงในภาพ 4.1 ในเวลา 09.00-13.00 น.จำนวน 12 ถัง ถังละ 10 ลิตร




**ภาพ 4.1** แสดงบริเวณบ่อพักน้ำเสียรวมของโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

**ภาพ** 4.2 แสดงตัวอย่างน้ำเสียก่อนการบำบัด

ข) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำหลังจากการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ทุก 7 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำหลังบำบัดในวันที่ 7, 14 และ 21 (ภาพ 4.3-4.5) เพื่อนำตัวอย่างน้ำเสียไปตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท เอ็นไวรอนเมนท์ รีเสริชแอนด์เทคโนโลยี จำกัด

**ภาพ** 4.3 แสดงตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) ฝรั่ง แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในสัปดาห์ที่ 1

**ภาพ** 4.4 แสดงตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) ฝรั่ง แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในสัปดาห์ที่ 2

**ภาพ** 4.5 แสดงตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) ฝรั่ง แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในสัปดาห์ที่ 3

## 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

### 4.2.1 คุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัด

ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้ มาจากบ่อพักน้ำเสียรวมของโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ตั้งอยู่เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800 และมีคุณภาพก่อนการบำบัดแสดงดังตาราง 4.1

**ตาราง 4.1** แสดงคุณภาพน้ำก่อนการบำบัด

| พารามิเตอร์ | คุณภาพน้ำก่อนการบำบัด (มิลลิกรัม/ลิตร) |
|---|---|
| บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand ;BOD) | 2,330 |
| ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD) | 3,632 |
| ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended solids; *SS*) | 4,620 |
| น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) | 160 |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH) | 5.52 |
| สีและกลิ่น | สีขาวขุ่น กลิ่นเหม็นมาก |

จากตาราง 4.1 พบว่า คุณภาพน้ำก่อนการบำบัด บีโอดี มีค่าเท่ากับ 2,330 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอดี มีค่าเท่ากับ 3,632 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอย มีค่าเท่ากับ 4,629 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำมันและไขมัน มีค่าเท่ากับ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเท่ากับ 5.52 ตามลำดับ สีและกลิ่น มีสีขาวขุ่น และมีกลิ่นเหม็นมาก

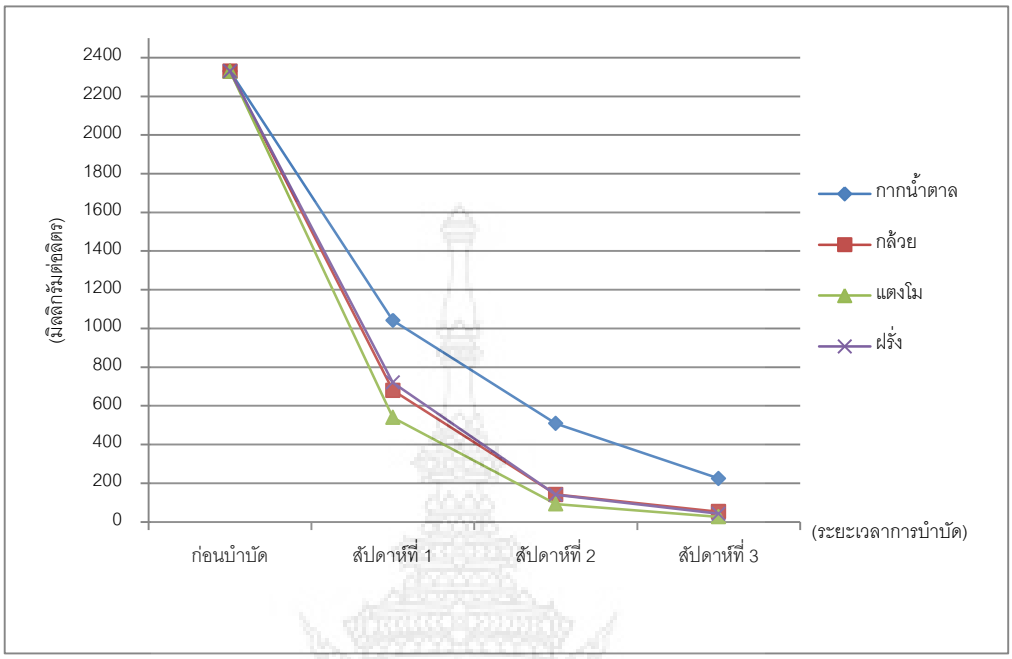
### 4.2.2 คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัด

คุณภาพน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ ซึ่งมีผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ มีดังนี้

**ตาราง 4.2** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ

| ตัวอย่างน้ำเสีย | ครั้งที่ | ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | สัปดาห์ที่ 1 | เฉลี่ย | สัปดาห์ที่ 2 | เฉลี่ย | สัปดาห์ที่ 3 | เฉลี่ย |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล | 1 | 1,051 | 1,042 | 576 | 508.33 | 230 | 224.33 |
| | 2 | 1,032 | | 489 | | 232 | |
| | 3 | 1,043 | | 460 | | 211 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย | 1 | 678 | 680 | 150 | 141 | 51 | 52.67 |
| | 2 | 683 | | 141 | | 58 | |
| | 3 | 679 | | 132 | | 49 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม | 1 | 543 | 540 | 98 | 92.33 | 34 | 26 |
| | 2 | 536 | | 92 | | 21 | |
| | 3 | 541 | | 87 | | 23 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง | 1 | 717 | 720 | 152 | 140.33 | 44 | 41.67 |
| | 2 | 733 | | 137 | | 36 | |
| | 3 | 710 | | 132 | | 45 | |

จากตาราง 4.2 พบว่า คุณภาพน้ำหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และ ฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยบีโอดี ลดลงตามลำดับ โดยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมสามารถลดค่าบีโอดีได้ดีที่สุด รองลงมา คือ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง กล้วย และกากน้ำตาล ตามลำดับ ซึ่งน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม สามารถลดค่าบีโอดีให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข. คือ ค่าบีโอดีต้องมีค่าไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร



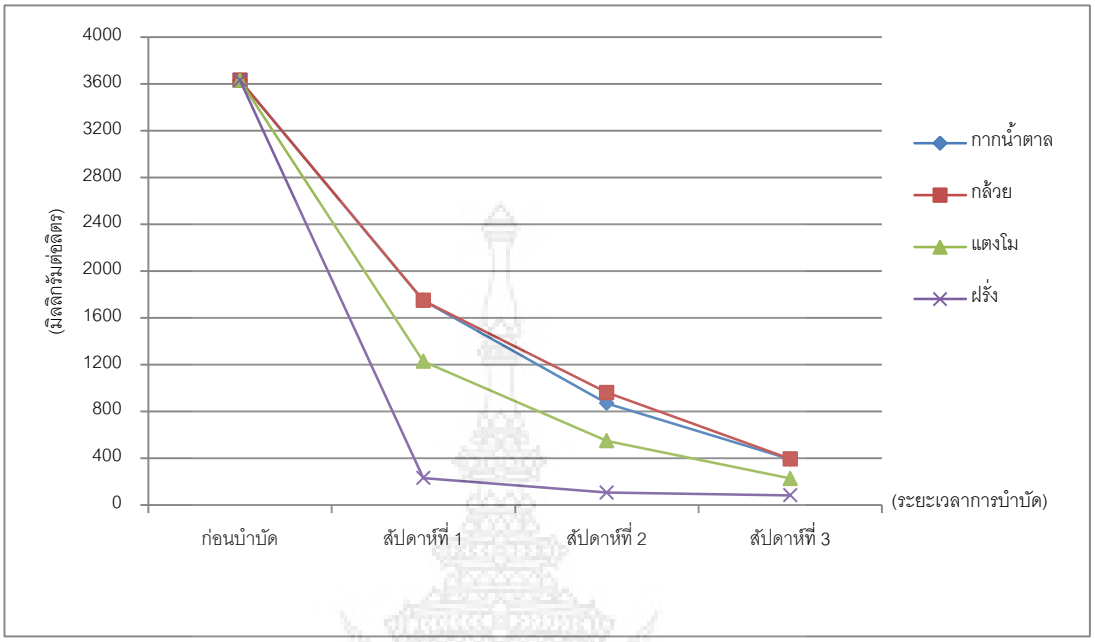

**ภาพ 4.6** แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าบีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร ก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ

และจากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยบีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียทั้งก่อน และหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) แต่ละชนิด มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยบีโอดี ลดลงตามลำดับ (ภาพ 4.6)

**ตาราง 4.3** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ

| ตัวอย่างน้ำเสีย | ครั้งที่ | ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | สัปดาห์ที่ 1 | เฉลี่ย | สัปดาห์ที่ 2 | เฉลี่ย | สัปดาห์ที่ 3 | เฉลี่ย |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล | 1 | 1,749 | 1,748 | 879 | 868 | 396 | 391 |
| | 2 | 1,745 | | 861 | | 401 | |
| | 3 | 1,750 | | 864 | | 376 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย | 1 | 1,749 | 1,748 | 975 | 960.33 | 401 | 392.66 |
| | 2 | 1,745 | | 948 | | 382 | |
| | 3 | 1,750 | | 958 | | 395 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม | 1 | 1,227 | 1,228 | 561 | 547.66 | 238 | 226 |
| | 2 | 1,245 | | 548 | | 195 | |
| | 3 | 1,212 | | 534 | | 245 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง | 1 | 228 | 230 | 118 | 105 | 96 | 81.67 |
| | 2 | 243 | | 96 | | 68 | |
| | 3 | 219 | | 101 | | 81 | |

จากตาราง 4.3 พบว่า คุณภาพน้ำหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และ ฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยซีโอดีลดลงตามลำดับ โดยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง สามารถลดค่าซีโอดีได้ดีที่สุด รองลงมา คือ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม กากน้ำตาล และกล้วย ตามลำดับ ซึ่งน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง สามารถลดค่าซีโอดีให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข. คือ ค่าซีโอดีต้องมีค่าไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร



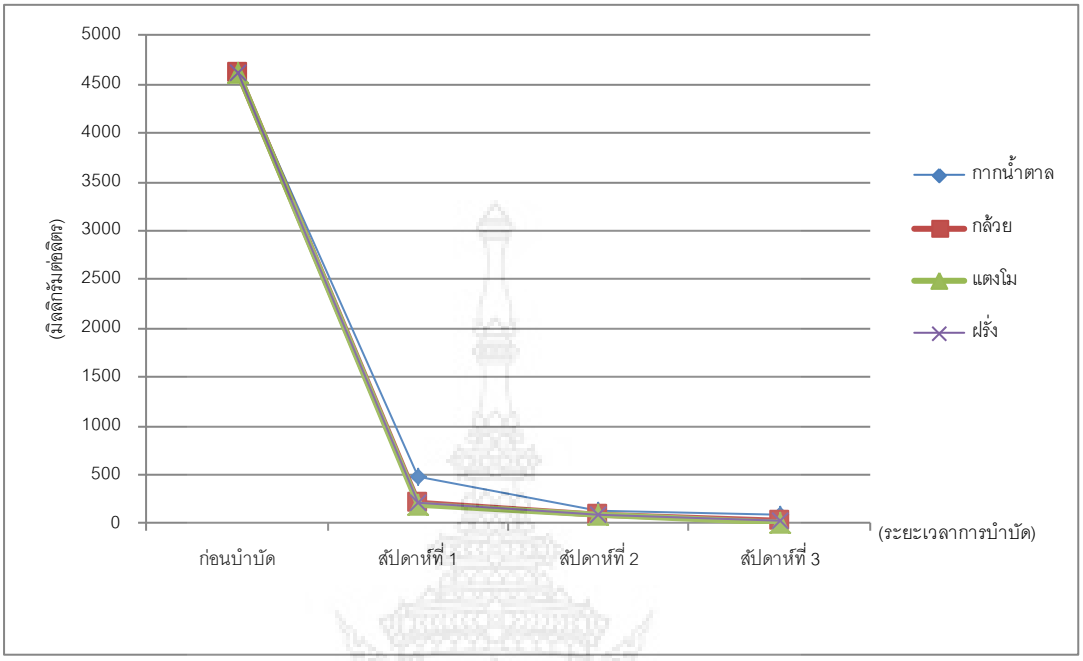

**ภาพ** 4.7 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร ก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ

และจากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียทั้งก่อน และหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) แต่ละชนิด มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยซีโอดี ลดลงตามลำดับ (ภาพ 4.7)

**ตาราง 4.4** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอย ของตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ

| ตัวอย่างน้ำเสีย | ครั้งที่ | ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | สัปดาห์ที่ 1 | เฉลี่ย | สัปดาห์ที่ 2 | เฉลี่ย | สัปดาห์ที่ 3 | เฉลี่ย |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล | 1 | 478 | 480 | 118 | 124 | 84 | 88.67 |
| | 2 | 483 | | 145 | | 96 | |
| | 3 | 479 | | 109 | | 86 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย | 1 | 204 | 210 | 96 | 89 | 33 | 31 |
| | 2 | 218 | | 87 | | 29 | |
| | 3 | 208 | | 84 | | 31 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม | 1 | 201 | 200 | 94 | 86.67 | 19 | 14.67 |
| | 2 | 215 | | 84 | | 13 | |
| | 3 | 184 | | 82 | | 12 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง | 1 | 214 | 220 | 89 | 93.33 | 22 | 24.67 |
| | 2 | 225 | | 94 | | 28 | |
| | 3 | 221 | | 97 | | 24 | |

จากตาราง 4.4 พบว่า คุณภาพน้ำหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอย ลดลงตามลำดับ โดยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ดีที่สุด รองลงมา คือ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง กล้วย และกากน้ำตาล ตามลำดับ ซึ่งน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอย ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข. คือ ปริมาณของแข็งแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อลิตร



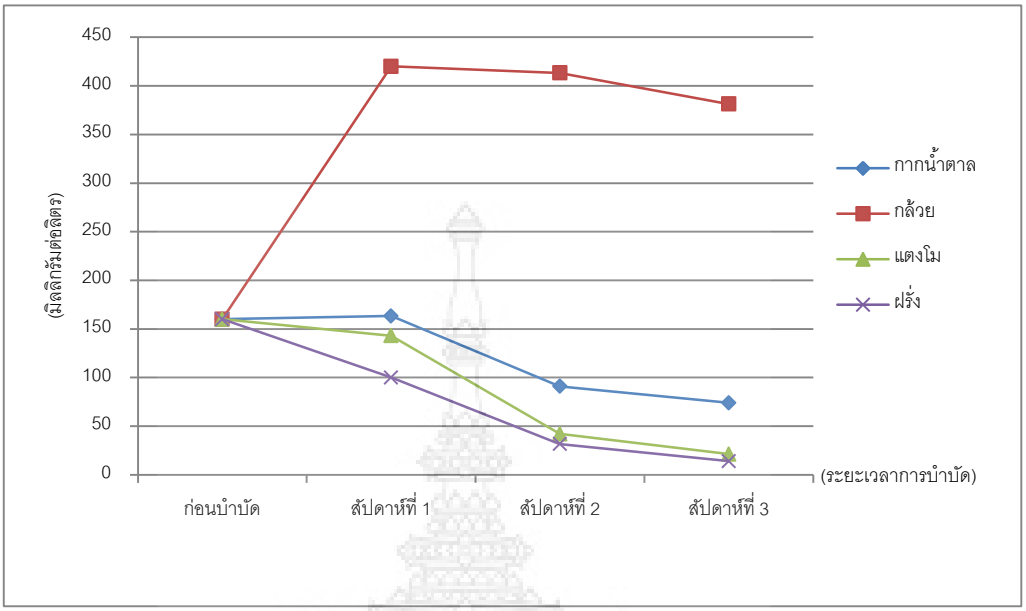

**ภาพ** 4.8 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอย ของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร ก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ

และจากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยของตัวอย่างน้ำเสียทั้งก่อนและหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) แต่ละชนิด มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงตามลำดับ (ภาพ 4.8)

**ตาราง 4.5** แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมัน ของตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่างๆ

| ตัวอย่างน้ำเสีย | ครั้งที่ | ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | สัปดาห์ที่ 1 | เฉลี่ย | สัปดาห์ที่ 2 | เฉลี่ย | สัปดาห์ที่ 3 | เฉลี่ย |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล | 1 | 162 | 163.33 | 95 | 91 | 78 | 74 |
| | 2 | 168 | | 90 | | 71 | |
| | 3 | 160 | | 88 | | 73 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย | 1 | 418 | 420 | 431 | 413.33 | 422 | 381.33 |
| | 2 | 430 | | 390 | | 313 | |
| | 3 | 412 | | 419 | | 409 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม | 1 | 141 | 143 | 38 | 42 | 18 | 21.33 |
| | 2 | 153 | | 45 | | 24 | |
| | 3 | 135 | | 43 | | 22 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง | 1 | 98 | 100 | 35 | 31.67 | 16 | 14 |
| | 2 | 102 | | 28 | | 12 | |
| | 3 | 100 | | 32 | | 14 | |

จากตาราง 4.5 พบว่า คุณภาพน้ำหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมัน ลดลงตามลำดับ โดยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่งสามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมัน ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และกากน้ำตาล ตามลำดับ แต่น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่งสามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมัน ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข. คือ ปริมาณน้ำมัน และไขมัน ต้องมีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร



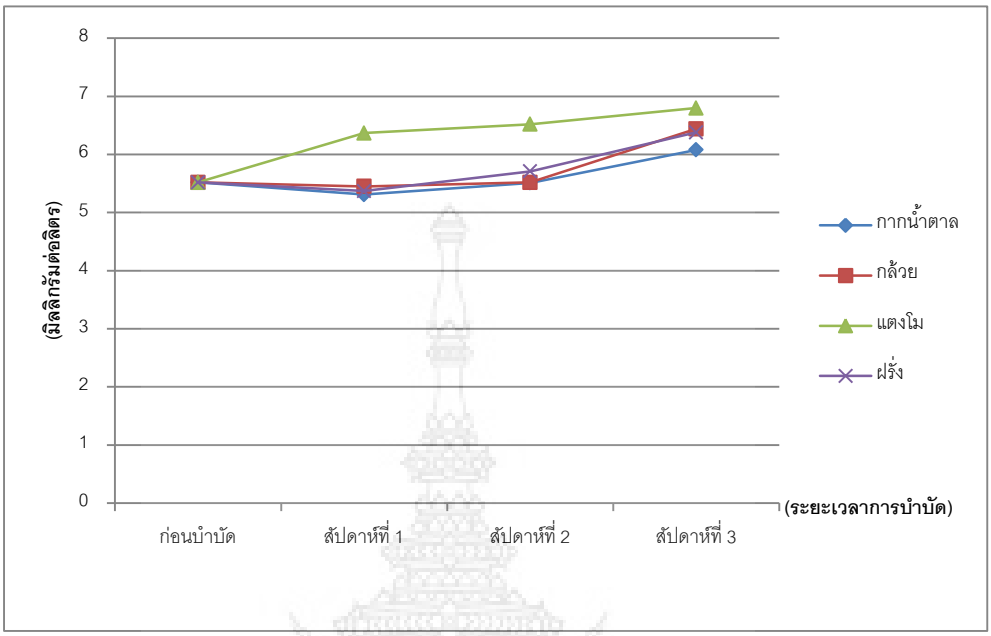

**ภาพ** 4.9 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันและไขมัน ของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร ก่อนการบำบัด และหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ

และจากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมัน ของตัวอย่างน้ำเสียทั้งก่อน และหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) แต่ละชนิด มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมันลดลง ยกเว้น น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยมีปริมาณน้ำมันและไขมันเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ภาพ 4.9)

**ตาราง 4.6** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ

| ตัวอย่างน้ำเสีย | ครั้งที่ | ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | สัปดาห์ที่ 1 | เฉลี่ย | สัปดาห์ที่ 2 | เฉลี่ย | สัปดาห์ที่ 3 | เฉลี่ย |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล | 1 | 5.32 | 5.31 | 5.56 | 5.51 | 6.02 | 6.08 |
| | 2 | 5.29 | | 5.48 | | 6.67 | |
| | 3 | 5.33 | | 5.51 | | 5.56 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย | 1 | 5.42 | 5.45 | 5.48 | 5.52 | 6.67 | 6.44 |
| | 2 | 5.51 | | 5.51 | | 6.34 | |
| | 3 | 5.42 | | 5.57 | | 6.31 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม | 1 | 6.35 | 6.37 | 6.53 | 6.52 | 6.89 | 6.8 |
| | 2 | 6.27 | | 6.57 | | 6.67 | |
| | 3 | 6.49 | | 6.48 | | 6.84 | |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง | 1 | 5.35 | 5.37 | 5.57 | 5.71 | 6.27 | 6.38 |
| | 2 | 5.44 | | 5.89 | | 6.44 | |
| | 3 | 5.32 | | 5.67 | | 6.44 | |

จากตาราง 4.6 พบว่า คุณภาพน้ำหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม สามารถเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เข้าใกล้ 7 มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย ฝรั่ง และกากน้ำตาล ตามลำดับ ซึ่ง น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด สามารถปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้มีค่าที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ข.




**ภาพ** 4.10 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหารก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่างๆ

และจากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำเสียทั้งก่อน และหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) แต่ละชนิด มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง เข้าใกล้ 7 (ภาพ 4.10)

**ตาราง** 4.7 แสดงผลการเปรียบเทียบสีและกลิ่น ของตัวอย่างน้ำเสียหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ

| ตัวอย่างน้ำเสีย | ผลที่ปรากฏ | | |
|---|---|---|---|
| | สัปดาห์ที่ 1 | สัปดาห์ที่ 2 | สัปดาห์ที่ 3 |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล | มีสีเหลืองใส มีกลิ่นเหม็นมาก | มีสีเหลืองขุ่น มีกลิ่นเหม็น | มีสีเหลืองใส มีกลิ่นเหม็น |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย | มีสีเหลืองใส มีกลิ่นเหม็นมาก | มีสีเหลืองขุ่น มีกลิ่นเหม็น | มีสีเหลืองใส มีกลิ่นเหม็น |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม | มีสีเหลืองใส มีกลิ่นเหม็นมาก | มีสีเหลืองขุ่น มีกลิ่นเหม็น | มีสีเหลืองใส มีกลิ่นเหม็น |
| น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง | มีสีเหลืองใส มีกลิ่นเหม็นมาก | มีสีเหลืองใส มีกลิ่นเหม็น | มีสีเหลืองใส มีกลิ่นเหม็น |

จากตาราง 4.6 พบว่า คุณภาพน้ำหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ มีผลการวิเคราะห์สี และกลิ่นที่เหมือนกัน คือ มีกลิ่นเหม็น และมีสีเหลืองใส

## 4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์

### 4.3.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าบีโอดี

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าบีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จำแนกตามน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ในระยะเวลา 3 สัปดาห์

คณะผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าบีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จำแนกตามน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยสามารถเขียนเป็นสมมุติฐานทางสถิติ ดังนี้

$H_0$ : น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน มีค่าบีโอดีไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน มีค่าบีโอดีแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

สถิติที่คณะผู้วิจัยใช้ทดสอบ คือ ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) โดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% และจะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ($H_0$) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. น้อยกว่า .05 ผลการทดสอบสมมุติฐาน ดังแสดงในตาราง 4.8

**ตาราง 4.8** แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยบีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วย น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ใน 3 สัปดาห์

| ค่าบีโอดี | น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม 4 ชนิด | df | Sum of Squares | Mean Square | F | Sig. (2 tailed) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| สัปดาห์ที่ 1 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 405249.000 | 135083.000 | 2161.328 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 500.000 | 62.500 | | |
| | รวม | 11 | 405749.000 | | | |
| สัปดาห์ที่ 2 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 336065.000 | 112021.667 | 115.964 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 7728.000 | 966.000 | | |
| | รวม | 11 | 343793.000 | | | |
| สัปดาห์ที่ 3 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 77437.667 | 25812.556 | 448.914 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 460.000 | 57.500 | | |
| | รวม | 11 | 77897.667 | | | |
| ภาพรวม | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 2194569.667 | 731523.222 | 487.926 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 11994.000 | 1499.250 | | |
| | รวม | 11 | 2206563.667 | | | |

จากตาราง 4.8 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด โดยใช้สถิติทดสอบด้วยค่าความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) พบว่า สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 และภาพรวม มีค่า Sig เท่ากับ .000 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า .05 นั่นคือ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ($H_0$) หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ต่างชนิดกัน ในสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 และภาพรวม จะมีค่าบีโอดีที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อคณะผู้วิจัย พบว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน จะมีค่าบีโอดีที่แตกต่างกัน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Mutiple Comparison) โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Sheffe เพื่อทดสอบว่ารายคู่ใดบ้างแตกต่างกัน (ตาราง 4.9-4.11)

**ตาราง 4.9** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าบีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1

| น้ำจุลินทรีย์ | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| อีเอ็ม | ค่าเฉลี่ย | 10421 | 680 | 540 | 720 |
| กากน้ำตาล | 1042 | - | 326* | 502* | 322* |
| | | | (.000) | (.000) | (.000) |
| กล้วย | 680 | - | - | 140* | 40* |
| | | | | (.000) | (.002) |
| แตงโม | 540 | - | - | - | 180* |
| | | | | | (.000) |
| ฝรั่ง | 720 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.9 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าบีโอดี ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าบีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 และ .002 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าบีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าบีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตาราง 4.10** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าบีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 2

| น้ำจุลินทรีย์ | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| อีเอ็ม | ค่าเฉลี่ย | 508.33 | 141 | 92.33 | 140.33 |
| กากน้ำตาล | 508.33 | - | 367.33* | 416* | 368* |
| | | | (.000) | (.000) | (.000) |
| กล้วย | 141 | - | - | 48.66 | .66 |
| | | | | (.362) | (1.00) |
| แตงโม | 92.33 | - | - | - | 48 |
| | | | | | (.362) |
| ฝรั่ง | 140.33 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.10 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าบีโอดี ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าบีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .362 และ 1.00 ตามลำดับซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าบีโอดีไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .362 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าบีโอดีไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตาราง 4.11** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าบีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 3

| น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | 224.33 | 52.67 | 26 | 41.67 |
| กากน้ำตาล | 224.33 | - | 171.66* | 198.33* | 182.66* |
| | | | (.000) | (.000) | (.000) |
| กล้วย | 52.67 | - | - | 26.66* | 11 |
| | | | | (.018) | (.421) |
| แตงโม | 26 | - | - | - | 15.66 |
| | | | | | (.174) |
| ฝรั่ง | 41.67 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.11 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าบีโอดี ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าบีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่า Sig. เท่ากับ .018 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าบีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .421 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยมี ค่าบีโอดีไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .174 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าบีโอดีไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### 4.3.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าซีโอดี

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าซีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียทีบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จำแนกตามน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ในระยะเวลา 3 สัปดาห์

คณะผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าซีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียทีบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จำแนกตามน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยสามารถเขียนเป็นสมมุติฐานทางสถิติ ดังนี้

$H_0$ : น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน มีค่าซีโอดีไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน มีค่าซีโอดีแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

สถิติที่คณะผู้วิจัยใช้ทดสอบ คือ ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) โดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% และจะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ($H_0$) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. น้อยกว่า .05 ผลการทดสอบสมมุติฐาน ดังแสดงในตาราง 4.12

**ตาราง 4.12** แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยซีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ทั้ง 3 สัปดาห์

| ค่าซีโอดี | น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม 4 ชนิด | df | Sum of Squares | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| สัปดาห์ 1 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 4609089.000 | 1536363.000 | 14160.028 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 868.000 | 108.500 | | |
| | รวม | 11 | 4609957.000 | | | |
| สัปดาห์ 2 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 1343362.917 | 447787.639 | 3012.024 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 1189.333 | 148.667 | | |
| | รวม | 11 | 1344552.250 | | | |
| สัปดาห์ 3 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 1343362.917 | 447787.639 | 3012.024 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 1189.333 | 148.667 | | |
| | รวม | 11 | 1344552.250 | | | |
| ภาพรวม | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 1.399 | 4663940.528 | 10064.249 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 3707.333 | 463.417 | | |
| | รวม | 11 | 1.400 | | | |

จากตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) โดยใช้สถิติทดสอบด้วยค่าความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) พบว่า สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 และภาพรวม มีค่า Sig เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05

นั่นคือ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ($H_0$) หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ต่างชนิดกัน ในสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 และภาพรวม จะมีค่าซีโอดีที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อคณะผู้วิจัย พบว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน จะมีค่าซีโอดีที่แตกต่างกัน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Mutiple Comparison) โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Sheffe เพื่อทดสอบว่ารายคู่ใดบ้างแตกต่างกัน (ตาราง 4.13-4.15)

**ตาราง 4.13** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าซีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1

| น้ำจุลินทรีย์ | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| อีเอ็ม | ค่าเฉลี่ย | 1748 | 1748 | 1228 | 230 |
| กากน้ำตาล | 1748 | - | 0 | 520* | 1518* |
| | | | (1.000) | (.000) | (.000) |
| กล้วย | 1748 | - | - | 520* | 1518* |
| | | | | (.000) | (.000) |
| แตงโม | 1228 | - | - | - | 998* |
| | | | | | (.000) |
| ฝรั่ง | 230 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.13 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าซีโอดี ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าซีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าซีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าซีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตาราง 4.14** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าซีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 2

| น้ำจุลินทรีย์ | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| อีเอ็ม | ค่าเฉลี่ย | 868 | 960.33 | 547.66 | 105 |
| กากน้ำตาล | 868 | - | 92.33* | 320.33* | 763* |
| | | | (.000) | (.000) | (.000) |
| กล้วย | 960.33 | - | - | 412.67* | 855.33* |
| | | | | (.000) | (.000) |
| แตงโม | 547.66 | - | - | - | 442.66* |
| | | | | | (.000) |
| ฝรั่ง | 105 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.14 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าซีโอดี ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าซีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าซีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าซีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตาราง 4.15** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าซีโอดี จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 3

| น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | 391 | 392.96 | 226 | 81.67 |
| กากน้ำตาล | 391 | - | 1.66 | 165* | 309.33* |
| | | | (1.000) | (.000) | (.000) |
| กล้วย | 392.96 | - | - | 166.66* | 311* |
| | | | | (.000) | (.000) |
| แตงโม | 226 | - | - | - | 144.33* |
| | | | | | (.000) |
| ฝรั่ง | 81.67 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.15 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าซีโอดี ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่า Sig. เท่ากับ 1.000 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าซีโอดีไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าซีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่งมีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าซีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่งมีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าซีโอดีแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**4.3.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย**

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จำแนกตามน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ในระยะเวลา 3 สัปดาห์

คณะผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จำแนกตามน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยสามารถเขียนเป็นสมมุติฐานทางสถิติ ดังนี้

$H_0$ : น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

สถิติที่คณะผู้วิจัยใช้ทดสอบ คือ ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) โดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% และจะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ($H_0$) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. น้อยกว่า .05 ผลการทดสอบสมมุติฐาน ดังแสดงในตาราง 4.16

**ตาราง 4.16** แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอย จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ทั้ง 3 สัปดาห์

| ปริมาณของแข็งแขวนลอย | น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม 4 ชนิด | df | Sum of Squares | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| สัปดาห์ 1 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 164265.000 | 54875.000 | 663.142 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 662.000 | 82.750 | | |
| | รวม | 11 | 165287.000 | | | |
| สัปดาห์ 2 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 2720.917 | 906.972 | 8.104 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 895.333 | 111.917 | | |
| | รวม | 11 | 3616.250 | | | |
| สัปดาห์ 3 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 21591.333 | 7197.111 | 172.731 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 333.333 | 41.667 | | |
| | รวม | 11 | 21924.667 | | | |
| ภาพรวม | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 309515.667 | 103171.889 | 311.541 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 2649.333 | 331.167 | | |
| | รวม | 11 | 312165.000 | | | |

จากตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) โดยใช้สถิติทดสอบด้วยค่าความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) พบว่า สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 และภาพรวม มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05

นั่นคือ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ($H_0$) หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ต่างชนิดกัน ในสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 และภาพรวม จะมีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อคณะผู้วิจัย พบว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน จะมีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยที่แตกต่างกัน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Mutiple Comparison) โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Sheffe เพื่อทดสอบว่ารายคู่ใดบ้างแตกต่างกัน (ตาราง 4.17-4.19)

**ตาราง 4.17** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1

| น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | 480 | 210 | 200 | 220 |
| กากน้ำตาล | 480 | - | 270* | 280* | 260* |
| | | | (.000) | (.000) | (.000) |
| กล้วย | 210 | - | - | 10 | 10 |
| | | | | (.630) | (.630) |
| แตงโม | 200 | - | - | - | 20 |
| | | | | | (.142) |
| ฝรั่ง | 220 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.17 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .630 และ .630 ตามลำดับซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .142 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วย

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตาราง 4.18** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 2

| น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | 124 | 89 | 89.67 | 93.33 |
| กากน้ำตาล | 124 | - | 35* | 37.333* | 30.666* |
| | | | (.024) | (.017) | (.046) |
| กล้วย | 89 | - | - | 2.333 | 4.333 |
| | | | | (.994) | (.967) |
| แตงโม | 89.67 | - | - | - | 6.666 |
| | | | | | (.894) |
| ฝรั่ง | 93.33 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.18 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .024 .017 และ .046 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .994 และ .967 ตามลำดับซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .894 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตาราง 4.19** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 3

| น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | 88.667 | 31 | 14 | 24.667 |
| กากน้ำตาล | 88.667 | - | 57.667* | 74* | 64* |
| | | | (.000) | (.000) | (.000) |
| กล้วย | 31 | - | - | 16.333* | 6.333 |
| | | | | (.009) | (.382) |
| แตงโม | 14 | - | - | - | 10 |
| | | | | | (.102) |
| ฝรั่ง | 24.667 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.19 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่า Sig. เท่ากับ .009 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วย

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .382 และ .102 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และน้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**4.3.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน**

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จำแนกตามน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ในระยะเวลา 3 สัปดาห์

คณะผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จำแนกตามน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยสามารถเขียนเป็นสมมุติฐานทางสถิติ ดังนี้

$H_0$ : น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน ไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

สถิติที่คณะผู้วิจัยใช้ทดสอบ คือ ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) โดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% และจะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ($H_0$) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. น้อยกว่า .05 ผลการทดสอบสมมุติฐาน ดังแสดงในตาราง 4.20

**ตาราง 4.20** แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมัน จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ทั้ง 3 สัปดาห์

| ปริมาณน้ำมันและไขมัน | น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม 4 ชนิด | df | Sum of Squares | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| สัปดาห์ที่ 1 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 188460.250 | 62820.083 | 1327.185 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 378.667 | 47.333 | | |
| | รวม | 11 | 188838.917 | | | |
| สัปดาห์ที่ 2 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 295113.667 | 98371.222 | 815.231 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 965.333 | 120.667 | | |
| | รวม | 11 | 296079.000 | | | |
| สัปดาห์ที่ 3 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 274061.333 | 91353.778 | 102.338 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 7141.333 | 892.667 | | |
| | รวม | 11 | 281202.667 | | | |
| ภาพรวม | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 2247761.583 | 749253.861 | 545.871 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | 10980.667 | 1372.583 | | |
| | รวม | 11 | 2258742.250 | | | |

จากตาราง 4.20 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) โดยใช้สถิติทดสอบด้วยค่าความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) พบว่า สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 และภาพรวม มีค่า Sig เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05

นั่นคือ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ($H_0$) หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ต่างชนิดกัน ในสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 และภาพรวม จะมีค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อคณะผู้วิจัย พบว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน จะมีค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน ที่แตกต่างกัน ดังนั้น เมื่อคณะผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Mutiple Comparison) โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Sheffe เพื่อทดสอบว่ารายคู่ใดบ้างแตกต่างกัน (ตาราง 4.21-4.23)

**ตาราง 4.21** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1

| น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | 163.333 | 420 | 143 | 100 |
| กากน้ำตาล | 163.333 | - | 256.666* | 20.333* | 63.333* |
| | | | (.000) | (.042) | (.000) |
| กล้วย | 420 | - | - | 277* | 320* |
| | | | | (.000) | (.000) |
| แตงโม | 143 | - | - | - | 43* |
| | | | | | (.000) |
| ฝรั่ง | 100 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.21 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 .042 และ .000 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมันแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจาก แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมันแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตาราง 4.22** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 2

| น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | 91 | 413.33 | 42 | 31.67 |
| กากน้ำตาล | 91 | - | 322.333* | 49* | 59.333* |
| | | | (.000) | (.004) | (.001) |
| กล้วย | 413.33 | - | - | 371.333* | 381.666* |
| | | | | (.000) | (.000) |
| แตงโม | 42 | - | - | - | 10.333 |
| | | | | | (.729) |
| ฝรั่ง | 31.67 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.22 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์ อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 .004 และ .001 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมและฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมันแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .102 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วย

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมันไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตาราง 4.23** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 3

| น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | 74 | 381.33 | 21.33 | 14 |
| กากน้ำตาล | 74 | - | 307.333* | 52.666 | 60 |
| | | | (.000) | (.247) | (.190) |
| กล้วย | 381.33 | - | - | 360* | 367.333* |
| | | | | (.000) | (.000) |
| แตงโม | 21.33 | - | - | - | 7.333 |
| | | | | | (.992) |
| ฝรั่ง | 14 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.23 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมันแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .247 และ .190 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมันไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมันแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .992 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าปริมาณน้ำมันและไขมันไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**4.3.5 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าความเป็นกรด-ด่าง**

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าความเป็นกรด-ด่าง จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จำแนกตามน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ในระยะเวลา 3 สัปดาห์

คณะผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าความเป็นกรด-ด่าง จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) จำแนกตามน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยสามารถเขียนเป็นสมมุติฐานทางสถิติ ดังนี้

$H_0$ : น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

สถิติที่คณะผู้วิจัยใช้ทดสอบ คือ ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) โดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% และจะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ($H_0$) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. น้อยกว่า .05 ผลการทดสอบสมมุติฐาน ดังแสดงในตาราง 4.24

**ตาราง 4.24** แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ทั้ง 3 สัปดาห์

| ค่าพีเอช | น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม 4 ชนิด | df | Sum of Squares | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| สัปดาห์ที่ 1 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 2.243 | .748 | 153.923 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | .039 | .005 | | |
| | รวม | 11 | 2.282 | | | |
| สัปดาห์ 2 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 2.080 | .693 | 85.176 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | .065 | .008 | | |
| | รวม | 11 | 2.146 | | | |
| สัปดาห์ 3 | ระหว่างกลุ่ม | 3 | .778 | .259 | 2.774 | .110 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | .748 | .093 | | |
| | รวม | 11 | 1.526 | | | |
| ภาพรวม | ระหว่างกลุ่ม | 3 | 13.887 | 4.629 | 46.047 | .000 |
| | ภายในกลุ่ม | 8 | .804 | .101 | | |
| | รวม | 11 | 14.691 | | | |

จากตาราง 4.24 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) โดยใช้สถิติทดสอบด้วยค่าความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) พบว่า

สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 และภาพรวม มีค่า Sig เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 นั่นคือ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ($H_0$) หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ต่างชนิดกัน ในสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 และภาพรวม จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่แตกต่างกัน

สัปดาห์ที่ 3 มีค่า Sig เท่ากับ .110 ซึ่งมากกว่า .05 นั่นคือ ยอมรับสมมุติฐานหลัก ($H_0$) หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ต่างชนิดกัน ในสัปดาห์ที่ 3 จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ไม่แตกต่างกัน

เมื่อคณะผู้วิจัย พบว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่แตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 1และ สัปดาห์ที่ 2 แต่น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ต่างชนิดกัน จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ไม่แตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 3 ดังนั้น เมื่อคณะผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Mutiple Comparison) โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Sheffe เพื่อทดสอบว่ารายคู่ใดบ้างแตกต่างกัน (ตาราง 4.25-4.27)

**ตาราง 4.25** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1

| น้ำจุลินทรีย์ | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| อีเอ็ม | ค่าเฉลี่ย | 5.31 | 5.45 | 6.37 | 5.37 |
| กากน้ำตาล | 5.31 | - | .14 | 1.06* | .06 |
| | | | (.205) | (.000) | (.804) |
| กล้วย | 5.45 | - | - | .92* | .08 |
| | | | | (.000) | (.600) |
| แตงโม | 6.37 | - | - | - | 1* |
| | | | | | (.000) |
| ฝรั่ง | 5.37 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.25 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

พบว่า น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และ

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าความเป็นกรด-ด่าง แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย และฝรั่ง และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .205 .804 และ .600 ตามลำดับซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย และฝรั่ง และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตาราง 4.26** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 2

| น้ำจุลินทรีย์ | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| อีเอ็ม | ค่าเฉลี่ย | 5.51 | 5.52 | 6.52 | 5.71 |
| กากน้ำตาล | 5.51 | - | .003 | 1.01* | .193 |
| | | | (1.000) | (.000) | (.155) |
| กล้วย | 5.52 | - | - | 1.05* | .19 |
| | | | | (.000) | (.164) |
| แตงโม | 6.52 | - | - | - | .81* |
| | | | | | (.000) |
| ฝรั่ง | 5.71 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.26 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)

พบว่า น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโมกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์

อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม มีค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาลกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย และฝรั่ง และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง มีค่า Sig. เท่ากับ 1.000 .193 และ .164 ตามลำดับซึ่งมีค่ามากกว่า .05 หมายความว่า น้ำเสียจากโรงอาหารที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยและฝรั่ง และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันกับน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตาราง 4.27** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง จากตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 3

| น้ำจุลินทรีย์ | | กากน้ำตาล | กล้วย | แตงโม | ฝรั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| อีเอ็ม | ค่าเฉลี่ย | 6.08 | 6.44 | 6.8 | 6.38 |
| กากน้ำตาล | 6.08 | - | .36 | .72 | .30 |
| | | | (.588) | (.112) | (.704) |
| กล้วย | 6.44 | - | - | .36 | .06 |
| | | | | (.581) | (.997) |
| แตงโม | 6.8 | - | - | - | .42 |
| | | | | | (.470) |
| ฝรั่ง | 6.38 | - | - | - | - |

จากตาราง 4.27 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) พบว่า ไม่พบรายคู่ใดที่มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำเสียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 4.4 แนวทางในการบำบัดน้ำเสีย

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์พบว่า น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด สามารถลดค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย และปริมาณน้ำมันและไขมันได้ แต่ค่าที่ได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข. ทั้งหมด ยกเว้นตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยไม่สามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมันได้ และน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ทั้ง 4 ชนิด สามารถปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำเสียให้มีค่าเป็นกลางและเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข. ได้ทั้งหมด

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง สามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารในการลดค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณน้ำมันและไขมัน และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เข้าใกล้ 7 ได้ แต่ไม่ควรใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วยในการบำบัดน้ำมันและไขมันเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันต่ำ

## 4.5 การอภิปรายผล

ในการศึกษาวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้ ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง(กลุ่มทดลอง) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด มาวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย โดยทำการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ทุก ๆ 7 วัน

น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากผลไม้ (กลุ่มทดลอง) สามารถลดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำเสียได้ดีกว่าน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจภรณ์ พรมเผ่า และพรทิพย์ นึกอุ่นจิตร (2551 : บทคัดย่อ)

โดยประสิทธิภาพหลังการบำบัดด้วยน้ำด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง(กลุ่มทดลอง) ในอัตราส่วน 1 : 1,000 (น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) : น้ำเสีย) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ลดลง ทั้งค่าบีโอดี ค่าซีโอดี

ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณน้ำมันและไขมัน และค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นเข้าใกล้ 7 น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากในน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มีแบคทีเรียสังเคราะห์แสง แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน ยีสต์ แอคติโนมัยสีท และเชื้อราที่พบในการหมัก ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดลองได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ กัลยา ยิ้มละไม (2546 : บทคัดย่อ) ไกรสร มะโน, สุภลักษณ์ พรหมรับ และเพ็ญภักดิ์ สุริยะเสน (2550 : บทคัดย่อ) ฐิติกร จิ้วไม้แดง (2553 : บทคัดย่อ) และวาสนา การสุวรรณ และศราพร ตันจริง (2546 : บทคัดย่อ)

# บทที่ 5

# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย แตงโม และฝรั่ง และมีระยะการบำบัด 3 สัปดาห์ สามารถสรุปผลและเสนอแนะข้อคิด บางประการไว้ดังนี้

## 5.1 สรุปผล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง(กลุ่มทดลอง) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด มาวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย โดยทำการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ในทุก ๆ 7 วัน โดยประสิทธิภาพหลังการบำบัดด้วยน้ำด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) มีผลการทดลองดังนี้

จากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย น้ำมันและไขมัน และความเป็นกรด-ด่าง ในตัวอย่างน้ำเสีย พบว่า ตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 มีค่าบีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงตามลำดับ โดยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม สามารถลดค่าบีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอยของตัวอย่างน้ำเสียได้ดีที่สุด รองลงมาคือ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง กล้วย และกากน้ำตาล ตามลำดับ โดยค่าบีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอย ที่ได้ในแต่ละสัปดาห์ จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ใช้ในการบำบัดทั้ง 3 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 มีค่าซีโอดี ลดลงตามลำดับ โดยน้ำจุลินทรีย์ อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง สามารถลดค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสีย มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม กากน้ำตาล และกล้วย ตามลำดับ โดยค่า

ซีโอดีที่ได้ในแต่ละสัปดาห์ จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ใช้ในการบำบัดทั้ง 3 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณน้ำมันและไขมันลดลงตามลำดับ โดยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง สามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมัน ของตัวอย่างน้ำเสีย มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม และกากน้ำตาล ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำมันและไขมัน ที่ได้ในแต่ละสัปดาห์ จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ใช้ในการบำบัดทั้ง 3 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ค่าปริมาณน้ำมันและไขมัน ของตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM)ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม สามารถปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำเสียให้เข้าใกล้ 7 มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย ฝรั่ง และกากน้ำตาล ตามลำดับ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้ในแต่ละสัปดาห์ จำแนกตามชนิดของน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ใช้ในการบำบัดทั้ง 3 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และจากการวิเคราะห์สีและกลิ่นของตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล (กลุ่มควบคุม) กล้วย แตงโม และฝรั่ง (กลุ่มทดลอง) พบว่า ตัวอย่างน้ำเสียทั้งก่อนและหลังบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) 4 ชนิด มีผลการวิเคราะห์สีและกลิ่นที่เหมือนกัน คือ มีสีเหลืองใส และมีกลิ่นเหม็น

จากผลการวิจัยเชิงทดลองสามารถสรุปได้ว่า น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม สามารถบำบัดคุณภาพน้ำของตัวอย่างน้ำเสียได้มากที่สุด รองลงมา คือ น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง กากน้ำตาล และกล้วย ตามลำดับ โดยในการวิจัยครั้งนี้ใช้พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ คือ บีโอดี ซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย น้ำมันและไขมัน ความเป็นกรด-ด่าง และสีและกลิ่น พบเพียงค่าความเป็นกรด-ด่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข. คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5-9 ทั้งหมด และสามารถลดค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย น้ำมันและไขมันได้ แต่ค่าที่ได้ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข. ได้ทั้งหมด

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอเพิ่มเติมประเด็น และข้อเสนอแนะบางประการที่น่าสนใจ เพื่อเป็นประโยชน์ในโอกาสต่อไป โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

### 5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้

5.2.1.1 จากการวิจัยพบว่า การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในถังการทดลองที่ไม่มีการระบายอากาศมากนัก ทำให้ไม่สามารถลดกลิ่นเหม็นลงได้ เนื่องจากถังการทดลองมีขนาดเล็กทำให้มีสัตว์สามารถตกลงไปในถังการทดลองได้ ควรเปิดฝาถังการทดลองเพื่อให้มีการระบายอากาศในถังทดลองเพื่อที่จุลินทรีย์จะได้นำออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และลดกลิ่นเหม็นได้

5.2.1.2 จากการวิจัย พบว่า ผลไม้ที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงไม่ควรนำมาใช้ในหมัก เพราะไม่สามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมันได้ ควรใช้เลือกใช้ผลไม้ที่มีน้ำ และมีวิตามินซีสูงนำมาใช้ในการหมัก จึงสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดี

### 5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับในการวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 เพื่อให้ได้ผลการบำบัดน้ำเสียที่ได้ผลมากขึ้น และระยะเวลาการบำบัดสั้นลงควรใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ร่วมด้วยกับการปลูกพืชน้ำ เช่น ผักตบชวา จอก แหน เป็นต้น

5.2.2.2 ควรมีการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของการใช้ผลไม้แต่ละชนิด ในปริมาณที่แตกต่างกัน เพื่อให้ทราบปริมาณของผลไม้ที่เหมาะสมในการนำมาผลิตน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ผล และมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

5.2.2.3 ควรมีการศึกษาคุณภาพน้ำที่ไม่มีการบำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) กับน้ำที่มีการบำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ว่ามีประสิทธิภาพต่างกันอย่างไร

# เอกสารอ้างอิง


กรมควบคุมมลพิษ. 2544. **พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_envi.html, 10 ธันวาคม 2556.

กรมชลประทาน. มปป. **การใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพหรืออีเอ็มในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://kromchol.rid.go.th/research/rid/pdf/em.pdf, 15 ธันวาคม 2555.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. มปป. **ลักษณะของน้ำเสีย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www2.diw.go.th/PIC/download/info/water.pdf, 15 ธันวาคม 2555.

_____. 2553. **กากน้ำตาล**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://molasses-review.blogspot.com, 10 มกราคม 2556.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2546. **โครงการชีววิถีเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน**. ฝ่ายประชาสัมพันธ์ กฟผ, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2530. **ฝรั่ง**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://bewty-drink.blogspot.com/2012/05/blog-post_5548.html, 10 มกราคม 2556.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2552. **การบำบัดน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

กัลยา ยิ้มละไม. 2546. **"รายงานการวิจัยการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ EM ขยายและประสิทธิภาพของ EM ในการบำบัดน้ำเสีย : กรณีศึกษาสระน้ำมรกต สถาบันราชภัฏนครปฐม."** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สถาบันราชภัฏนครปฐม.

ไกรสร มะโน, สุภลักษณ์ พรหมรับ และเพ็ญภักดิ์ สุริยะเสน. 2550. **"รายงานการวิจัยการศึกษาการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ในการบำบัดน้ำเสียโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม."** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

_____. มปป. **จุลินทรีย์ไบโอคลีน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.janchawan.com/bioclean-2(th).html, 15 มกราคม 2556.

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)


ฉัตรไชย รัตนไชย. 2539. **การจัดการคุณภาพน้ำ**. โรงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ชมรมสวนสุขภาพ. มปป. **แตงโม**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www.bionutrics-hy.com/tag/แตงโม-คุณค่าทางอาหาร/, 18 มกราคม 2556.

ฐิติกร จิ้วไม้แดง. 2553. **"ศึกษาการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรขนาดเล็กด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม."** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม). คณะสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เทรุโอะ ฮิงะ. 2541. **การปฏิวัติอันยิ่งใหญ่เพื่อช่วยเหลือชาวโลก**. แปลโดย คาซูโอะ วาคุกามิ. สำนักพิมพ์สุขภาพใจ, กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2548. **จุลชีววิทยาทั่วไป**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เบญจภรณ์ พรมเผ่า และพรทิพย์ นึกอุ่นจิตร. 2551. **"รายงานการวิจัยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพน้ำเสียจากโรงอาหารด้วยน้ำจุลินทรีย์ EM ที่ผลิตจากน้ำส้ม น้ำมะละกอ และน้ำสับปะรด (กรณีศึกษา: โรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา)."** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. **กล้วย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปรีชา ลิ้มเจริญ. 2556. อาจารย์. สัมภาษณ์, 4 กุมภาพันธ์.

ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. _____. **การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น**. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

_____. มปป. **ภาพกล้วย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.kroobannok.com/blog/34199, 24 กุมภาพันธ์ 2556.

_____. มปป. **ภาพฝรั่ง**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www.oknation.net/blog/horti-asia, 24 กุมภาพันธ์ 2556.

_____. มปป. **ภาพแตงโม**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.tigerwas.com/tag/แตงโม, 24 กุมภาพันธ์ 2556.

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

มหิดลเพื่อการฟื้นฟูชุมชนไทย. 2554. **ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากบาซิลลัสซับทิลิส**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://floodwisdom.mahidol.ac.th/Knowledge/Nova_Watertreatement/nova_watertreatment_project.html, 24 กุมภาพันธ์ 2556.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2541. **คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชน**. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. 2551. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วาสนา การสุวรรณ และศราพร ตันจริง. 2546. **"การศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์อีเอ็มในการบำบัดไขมันจากบ่อดักไขมันของร้านจำหน่ายอาหาร."** สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วิเชียร มหาวัน. 2556. อาจารย์. สัมภาษณ์, 4 กุมภาพันธ์.

วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่. 2548. **การจัดการของเสียชุมชนอย่างยั่งยืน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www2.it.mju.ac.th/dbresearch/raen/index.php, 25 มกราคม 2556.

วีระพล วงษ์ประพันธ์ และคณะ. 2546. "ประสิทธิภาพของ EM ในการบำบัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย จากโรงครัวโรงพยาบาล." **วารสารวิจัย มข. (บศ.)**. 3, 2 : 100-110.

ศูนย์ฝึกอบรม และเผยแพร่เกษตรธรรมชาติคิวเซ่. 2541. **การใช้อีเอ็มบำบัดน้ำเสีย : การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์อีเอ็มจากธรรมชาติเพื่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อมในวันนี้**. ธีรสารการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์ EM เทคโนโลยี โรงพยาบาลวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท. 2546. **ประสบการณ์การใช้ EM ในโรงพยาบาลวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www.chivavithee.net, 25 มกราคม 2556.

สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาลัยมหิดล. มปป. **การบำบัดน้ำเสีย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3_water13.htm, 18 ธันวาคม 2555.

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. มปป. **กล้วย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://kanchanapisek.or.th/kp6/New/sub/book/book.php?book=30&chap=6&page=t30-6-infodetail01.html, 25 กุมภาพันธ์ 2556.

สรัสวดี เผือกสกนธิ์. มปป. **สวนผัก**. โรงพิมพ์ปราณีบล็อกและการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2552. **ระบบบำบัดน้ำเสีย : การเลือกใช้ การออกแบบการควบคุม และการแก้ปัญหา**. ท้อป, กรุงเทพฯ.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2544. กากน้ำตาล. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=83&i2=15, 25 มกราคม 2556.

สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. 2547. **เทคนิคการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการกสิกรรมไร้สารพิษ ประมง ปศุสัตว์ และสิ่งแวดล้อม**. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์. 2550. **เทคโนโลยีน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2548. **จุลชีววิทยาของน้ำเสีย**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุรอรรถ ศุภจัตุรัส. มปป. เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียด้วย...แบคทีเรียสังเคราะห์แสง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.nia.or.th/innolinks/200612/innovambassador.htm, 24 กุมภาพันธ์ 2556

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2548. "แบคทีเรียแอคติโนมัยสีท." **Science in action**. 5, 4 : 23.

องค์การเภชสัชกรรม. 2554. **จุลินทรีย์บำบัดน้ำเน่าเสีย และวิธีการใช้**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.youtube.com/watch?v=yDx1xG0vi-s, 10 มกราคม 2556.

อรวรรณ ชื่นคุ้ม. มปป. **เคมีสิ่งแวดล้อม**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://cw.rmuti.ac.th/source/เคมีสิ่งแวดล้อม/unit1301.htm, 15 มกราคม 2556.

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

อรุณวรรณ หวังกอบเกียรติ, อารี ไชยาภินันท์ และเสาวนีย์ สุนทรพิทักษ์. 2539. "การลดปริมาณสารอาหารในน้ำเสียโดยอีเอ็ม" **วารสารวิจัย ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์.)**. 30 : 211-218

อรุณวรรณ หวังกอบเกียรติ. 2549. **จุลชีววิทยาของการกำจัดน้ำเสีย : เอกสารประกอบการสอนวิชา 419484**. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อานัฐ ตันโช. 2554. "หลักการบำบัดน้ำเสียด้วยจุนทรีย์." **เกษตรกรรมธรรมชาติ**. 14, 9 : 28-33

อานัฐ ตันโช, 2551. **เกษตรธรรมชาติประยุกต์ : หลักการ แนวคิด เทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย**. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี

APHA, AWWA and WEF. 2005. **Standard Method for Examination of Water and Wastewater**. 21st Edition APHA Inc. Washington D.C. 1268 P.

Diver. S. 2001. **Nature Farming and Effective Microorganisms**. Rhizosphere II: Publications, Resource Lists and Web Links from Steve Diver, http://ncatark.uark.edu/~steved/Nature-Farm-EM.html

Kobayashi. M. 2000. "Waste Remediation and Treatment Using Anoxygenic Phototropic Bacteria." **Anoxygenic Photosynthetic Bacteria**. pp. 1269 – 1282.

Pfenning, N. and H.G.Truper. 1989. **Anoxygenic phototrophic bacteria**. pp. 1635-1682. In J.T. Staley, M.P. Bryant, N. Pfennig and T.G. Holt (eds.). Bergey's Manual of Systemetic Bacteriology. Vol.3. The William and Wilkins, Co., Baltimore.

USDA Nutrient database. มปป. **คุณค่าทางโภชนาการแตงโม**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.doctor.or.th/article/detail/11213 24 กุมภาพันธ์ 2556

# ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์

ภาคผนวก ข ผลการทดลอง

# ภาคผนวก ก
# การวิเคราะห์

## 1. การหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้ Hand Refractometer

### 1.1 หลักการ

สารละลายที่มีเข้มข้นต่างกันเมื่อแสงส่องผ่าน จะเกิดการหักเห และให้ค่าดัชนีหักเหของแสงต่างกันซึ่งจากความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงนำมาประยุกต์ใช้วัดค่าความเข้มข้นของสารละลายได้

การใช้ Hand Refractometer วัดน้ำปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เพื่อใช้ประเมินความหวาน (Sweetness) เช่น กลูโคส (Glucose) ฟรุกโตส (Fructose) ซูโครส (Sucrose) ซึ่งค่า Brix ที่อ่านเป็นค่ารวมของความเข้มข้นน้ำตาลทุกชนิดและกรดอินทรีย์ที่ละลายได้ในน้ำหมักนั้น

### 1.2 วิธีการ

1.1.1 ใช้ผ้าสะอาดนุ่มซับน้ำทำความสะอาดปริซึมของเครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์และเช็ดให้แห้ง

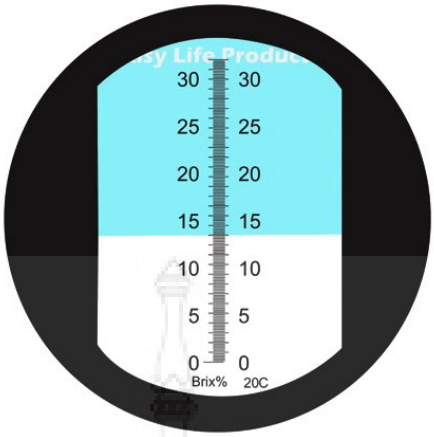
1.1.2 หยดน้ำกลั่นลงบนปริซึม 1-2 หยด ปิดฝาครอบ เพื่อให้น้ำกลั่นกระจายทั่วพื้นผิวของปริซึม ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ จากนั้นมองผ่านเลนส์ตา และปรับตัวเลขให้เป็น “0” เมื่อปรับแล้วให้ทำความสะอาดปริซึมอีกครั้ง

1.1.3 ใช้หลอดดูดตัวอย่างที่ต้องการวัดแล้วหยดลงบนปริซึม 1-2 หยด

1.1.4 ปิดฝาครอบเพื่อให้ตัวอย่างกระจายทั่วพื้นผิวปริซึม ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ เพราะจะทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดไป

1.1.5 มองเลนส์ตา และอ่านค่าที่ระดับเส้นรอยต่อที่ตัดกับพื้นที่สีฟ้า ดังภาพ ก.1 ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ ซึ่งเทียบเท่ากับเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (จำนวนกรัมของสารที่ละลายได้ ต่อ 100 กรัมของสารตัวอย่าง)

1.1.6 ใช้กระดาษเช็ดเลนส์เช็ดตัวอย่างที่ติดอยู่กับปริซึมออกและทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นและเช็ดให้แห้ง




**ภาพ ก.1** แสดงลักษณะการอ่านค่า Hand Refractometer

**ที่มา :** http://www.lek11.com/product.detail_0_en_59266 (2556)

**ภาพ ก.2** แสดงเครื่อง Hand Refractometer

**2. การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้** Vino-o-Meter

**2.1 หลักการ**

วิธีน้ำใช้ง่าย สะดวก อุปกรณ์เป็นหลอดแก้วเล็ก ๆ ใช้วัดปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v) เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยความถ่วงจำเพาะและอาจค่าจะเพี้ยนไปขึ้นอยู่กับของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลายนั้น

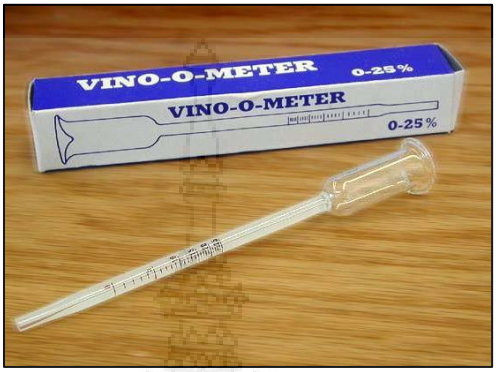
2.2 วิธีการ

2.2.1 ทำความสะอาด Vino-o-Meter ด้วยน้ำกลั่น และซับน้ำให้แห้ง

2.2.2 ดูดสารละลายใส่ช่องว่างด้านบน ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ สารละลายจะไหลลงสู่ด้านปลายของ Vino-o-Meter ดังภาพ ก.5

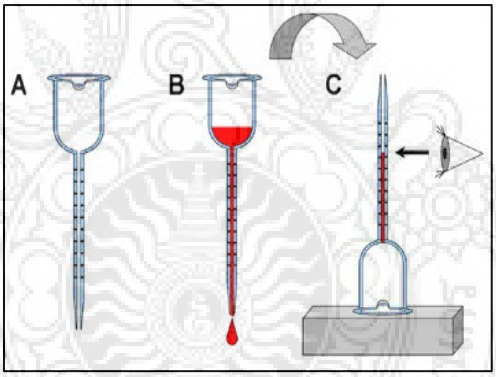
2.2.3 เมื่อสารละลายไหลสู่ปลายของ Vino-o-Meter แล้วคว่ำเพื่ออ่านค่าแอลกอฮอล์ที่ได้ ดังภาพ ก.5

2.2.4 ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น % (v/v)




**ภาพ ก.3** แสดง Vino-o-Meter อุปกรณ์ใช้วัดแอลกอฮอล์

**ที่มา** : www.thebrewshopuk.com (2556)




**ภาพ ก.4** แสดงขั้นตอนการวัดแอลกอฮอล์ โดย Vino-o-Meter

**ที่มา** : http://www.stillcooker.com/materials-vinometer.php (2556)

# ภาคผนวก ข
# ผลการทดลอง

## 1. ผลการทดลองขั้นตอนการเลี้ยงกล้าเชื้อจุลินทรีย์

**ตาราง ข.1** การใช้น้ำตาล (%Brix) ของจุลินทรีย์เพื่อใช้ผลิตเอทานอลในขั้นตอนการเลี้ยงกล้าเชื้อจุลินทรีย์

| วันที่ | ตัวควบคุม | เชื้อธรรมชาติ | แป้งข้าวหมาก | *S. cerevisiae* EDV492 | *S. cerevisiae* EC118 |
|---|---|---|---|---|---|
| เริ่มต้น | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| 10 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| 15 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 |
| 20 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |

**ตาราง ข.2** การใช้น้ำตาล (%Brix) ของจุลินทรีย์เพื่อใช้ผลิตเอทานอลในขั้นตอนการเลี้ยงกล้าเชื้อจุลินทรีย์หลังจากปรับด้วยโมลาส 40 มิลลิลิตร

| วันที่ | ตัวควบคุม | เชื้อธรรมชาติ | แป้งข้าวหมาก | *S. cerevisiae* EDV492 | *S. cerevisiae* EC118 |
|---|---|---|---|---|---|
| เริ่มต้น | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| หลังปรับด้วยโมลาส | 22 | 22 | 23 | 22 | 22 |
| 3 | 22 | 19 | 19 | 21 | 20 |
| 6 | 22 | 16 | 15 | 17 | 16 |
| 9 | 21 | 12 | 11 | 14 | 14 |
| 12 | 21 | 9 | 8 | 10 | 9 |

**2. ผลการทดลองขั้นตอนการหมักขนาดเล็ก (คัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม)**

**2.1 ส่วนเหลือทิ้งของขนุนไม่ต้ม**

**ตาราง ข.3** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลของขวดควบคุมในส่วนเหลือทิ้งของขนุนไม่ต้ม

| **วันที่** | Control | |
|---|---|---|
| | **น้ำตาล** (%Brix) | **เอทานอล** (%v/v) |
| 7 | 2 | 2 |
| 14 | 2 | 2 |
| 21 | 2 | 3 |
| 28 | 2 | 2 |

**ตาราง ข.4** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลขวดที่มีเชื้อธรรมชาติในส่วนเหลือทิ้งของขนุนไม่ต้ม

| **วันที่** | **เชื้อธรรมชาติ** | |
|---|---|---|
| | **น้ำตาล** (%Brix) | **น้ำตาล** (%v/v) |
| 7 | 4 | 6 |
| 14 | 4 | 8 |
| 21 | 3 | 8 |
| 28 | 3 | 6 |

**ตาราง ข.5** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลขวดที่มีจุลินทรีย์ในแป้งข้าวหมากในส่วนเหลือทิ้งของขนุนไม่ต้ม

| **วันที่** | **จุลินทรีย์แป้งข้าวหมาก** | |
|---|---|---|
| | **น้ำตาล** (%Brix) | **เอทานอล** (%v/v) |
| 7 | 3 | 8 |
| 14 | 4 | 10 |
| 21 | 3 | 12 |
| 28 | 3 | 7 |

**ตาราง ข.6** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลขวดที่มียีสต์ *S. cerevisiae* EDV 492 ในส่วนเหลือทิ้งของขนุนไม่ต้ม

| **วันที่** | **ยีตส์** *S. cerevisiae* EDV 492 | |
|---|---|---|
| | **น้ำตาล** (%Brix) | **เอทานอล** (%v/v) |
| 7 | 3 | 9 |
| 14 | 3 | 11 |
| 21 | 2 | 11 |
| 28 | 3 | 7 |

**ตาราง ข.7** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลขวดที่มียีสต์ *S. cerevisiae* EC 118 ในส่วนเหลือทิ้งของขนุนไม่ต้ม

| **วันที่** | **ยีตส์** *S. cerevisiae* EC 118 | |
|---|---|---|
| | **น้ำตาล** (%Brix) | **เอทานอล** (%v/v) |
| 7 | 3 | 9 |
| 14 | 2 | 12 |
| 21 | 2 | 13 |
| 28 | 2 | 6 |

2.2 **ส่วนเหลือทิ้งของขนุนไม่ต้ม**

**ตาราง ข.8** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลของขวดควบคุมในส่วนเหลือทิ้งของขนุนต้ม

| **วันที่** | Control | |
|---|---|---|
| | **น้ำตาล** (%Brix) | **เอทานอล** (%v/v) |
| 7 | 2 | 2 |
| 14 | 3 | 2 |
| 21 | 3 | 3 |
| 28 | 2 | 3 |

**ตาราง ข.9** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลขวดที่มีเชื้อธรรมชาติในส่วนเหลือทิ้งของขนุนต้ม

| **วันที่** | **เชื้อธรรมชาติ** | |
|---|---|---|
| | **น้ำตาล** (%Brix) | **น้ำตาล** (%v/v) |
| 7 | 6 | 7 |
| 14 | 5 | 10 |
| 21 | 4 | 9 |
| 28 | 4 | 6 |

**ตาราง ข.10** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลขวดที่มีจุลินทรีย์ในแป้งข้าวหมากในส่วนเหลือทิ้งของขนุนต้ม

| **วันที่** | **จุลินทรีย์แป้งข้าวหมาก** | |
|---|---|---|
| | **น้ำตาล** (%Brix) | **เอทานอล** (%v/v) |
| 7 | 5 | 8 |
| 14 | 5 | 11 |
| 21 | 5 | 14 |
| 28 | 6 | 7 |

**ตาราง ข.11** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลขวดที่มียีสต์ *S. cerevisiae* EDV 492 ในส่วนเหลือทิ้งของขนุนต้ม

| **วันที่** | **ยีตส์** *S. cerevisiae* EDV 492 | |
|---|---|---|
| | **น้ำตาล** (%Brix) | **เอทานอล** (%v/v) |
| 7 | 5 | 7 |
| 14 | 4 | 10 |
| 21 | 3 | 10 |
| 28 | 4 | 7 |

**ตาราง ข.12** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลขวดที่มียีสต์ *S. cerevisiae* EC 118 ในส่วนเหลือทิ้งของขนุนต้ม

| **วันที่** | **ยีตส์** *S. cerevisiae* EC 118 | |
|---|---|---|
| | **น้ำตาล** (%Brix) | **เอทานอล** (%v/v) |
| 7 | 5 | 10 |
| 14 | 5 | 11 |
| 21 | 6 | 13 |
| 28 | 7 | 8 |

**3. ผลการทดลองขั้นตอนการหมักขนาดกลาง**

**ตาราง ข.13** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลในกระบวนการหมักให้ได้น้ำตาล โดยเชื้อธรรมชาติในถังหมักที่ 1

| **วันที่** | **ถังหมักที่** 1 | |
|---|---|---|
| | **ปริมาณน้ำตาล** (%Brix) | **ปริมาณเอทานอล** (%v/v) |
| 7 | 1 | 0 |
| 14 | 2 | 3 |
| 21 | 2 | 3 |
| 28 | 3 | 4 |

**ตาราง ข.14** ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลในกระบวนการหมักให้ได้น้ำตาล โดยเชื้อธรรมชาติในถังหมักที่ 2

| **วันที่** | **ถังหมักที่** 1 | |
|---|---|---|
| | **ปริมาณน้ำตาล** (%Brix) | **ปริมาณเอทานอล** (%v/v) |
| 7 | 1 | 0 |
| 14 | 2 | 3 |
| 21 | 2 | 4 |
| 28 | 3 | 5 |

**ตาราง ข**.15 ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลในกระบวนการหมักขนาดกลาง ในถังหมักที่ 1 โดยจุลินทรีย์ในแป้งข้าวหมาก

| **วันที่** | **จุลินทรีย์ในแป้งข้าวหมาก** | |
|---|---|---|
| | **ปริมาณน้ำตาล** (%Brix) | **ปริมาณเอทานอล** (%v/v) |
| เริ่มต้น | 25 | 4 |
| 2 | 19 | 5 |
| 4 | 12 | 11 |
| 6 | 12 | 12 |
| 8 | 10 | 13 |
| 10 | 7 | 16 |
| 12 | 7 | 16 |

**ตาราง ข**.16 ปริมาณน้ำตาลและเอทานอลในกระบวนการหมักขนาดกลาง ในถังหมักที่ 2 โดยยีสต์ *S. cerevisiae* EC 118

| **วันที่** | **ยีสต์** *S. cerevisiae* EC 118 | |
|---|---|---|
| | **ปริมาณน้ำตาล** (%Brix) | **ปริมาณเอทานอล** (%v/v) |
| เริ่มต้น | 25 | 5 |
| 2 | 17 | 7 |
| 4 | 11 | 14 |
| 6 | 9 | 15 |
| 8 | 8 | 16 |
| 10 | 8 | 16 |
| 12 | 8 | 16 |

# ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

# ภาคผนวก ก ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

# ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง
# จากอาคารบางประเภทและบางขนาด

การปฏิรูประบบราชการให้มีการจัดตั้งกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมขึ้นมา และให้โอนภารกิจของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ ไปเป็นของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประกอบกับเป็นการสมควรให้คณะกรรมการควบคุมมลพิษเป็นผู้พิจารณาเห็นชอบกับวิธีการตรวจหาค่ามาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง นอกเหนือจากวิธีการที่กำหนดไว้แทนกรมควบคุมมลพิษ จึงสมควรแก้ไขปรับปรุงประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕๕ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ แก้ไขโดยมาตรา ๑๑๔ แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการ ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. ๒๕๔๕ พ.ศ. ๒๕๔๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ มาตรา ๕๐ และมาตรา ๕๑ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษและโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ ๑๐ มกราคม พ.ศ. ๒๕๓๗

ข้อ ๒ ในประกาศนี้

“อาคาร” หมายความว่า อาคารที่ก่อสร้างขึ้น ไม่ว่าจะมีลักษณะเป็นอาคารหลังเดียว หรือเป็นกลุ่มของอาคารซึ่งตั้งอยู่ภายในพื้นที่ซึ่งเป็นบริเวณเดียวกัน และไม่ว่าจะมีท่อระบายน้ำท่อเดียวหรือมีหลายท่อที่เชื่อมติดต่อกันระหว่างอาคารหรือไม่ก็ตาม ซึ่งได้แก่

(๑) อาคารชุด ตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด

(๒) โรงแรม ตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม

(๓) หอพัก ตามกฎหมายว่าด้วยหอพัก

(๔) สถานบริการประเภทสถานอาบน้ำ นวดหรืออบตัว ซึ่งมีผู้ให้บริการแก่ลูกค้าตามกฎหมาย ว่าด้วยสถานบริการ

(๕) โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล

(๖) อาคารโรงเรียนเอกชน ตามกฎหมายว่าด้วยโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ อาคารสถาบันอุดมศึกษาของเอกชน ตามกฎหมายว่าด้วยสถาบันอุดมศึกษาของเอกชนและสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ

(๗) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือองค์การระหว่างประเทศและของเอกชน

(๘) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้า

(๙) ตลาด ตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข แต่ไม่รวมถึง ท่าเทียบเรือประมง สะพานปลาหรือกิจการแพปลา

(๑๐) ภัตตาคารหรือร้านอาหาร

“น้ำทิ้ง” หมายความว่า น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้วจนเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

ข้อ ๓ ให้แบ่งประเภทของอาคารตามข้อ ๒ ออกเป็น ๕ ประเภท คือ

(๑) อาคารประเภท ก.

(๒) อาคารประเภท ข.

(๓) อาคารประเภท ค.

(๔) อาคารประเภท ง.

(๕) อาคารประเภท จ.

ข้อ ๔ อาคารประเภท ก. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐๐ ห้องนอนขึ้นไป

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๐๐ ห้องขึ้นไป

(๓) โรงพยาบาลของทางราชการ รัฐวิสาหกิจหรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๓๐ เตียงขึ้นไป

(๔) อาคารโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(๕) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(๖) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(๗) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒,๕๐๐ ตารางเมตร ขึ้นไป

(๘) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒,๕๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

ข้อ ๕ อาคารประเภท ข. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐๐ ห้องนอน แต่ไม่ถึง ๕๐๐ ห้องนอน

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๖๐ ห้อง แต่ไม่ถึง ๒๐๐ ห้อง

(๓) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕๐ ห้องขึ้นไป

(๔) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕,๐๐๐ตารางเมตรขึ้นไป

(๕) โรงพยาบาลของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐ เตียง แต่ไม่ถึง ๓๐ เตียง

(๖) อาคารโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๕,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๗) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๕๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๘) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๙) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑,๕๐๐ ตารางเมตรแต่ไม่ถึง ๒,๕๐๐ ตารางเมตร

(๑๐) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒,๕๐๐ ตารางเมตร

ข้อ ๖ อาคารประเภท ค. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง ๑๐๐ ห้องนอน

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง ๖๐ ห้อง

(๓) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐ ห้อง แต่ไม่ถึง ๒๕๐ ห้อง

(๔) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑,๐๐๐ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๕) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๑๐,๐๐๐ ตารางเมตร

(๖) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑,๐๐๐ ตารางเมตรแต่ไม่ถึง ๑,๕๐๐ ตารางเมตร

(๗) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๕๐๐ ตารางเมตร

ข้อ ๗ อาคารประเภท ง. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐ ห้อง แต่ไม่ถึง ๕๐ ห้อง

(๒) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐๐ ตารางเมตรแต่ไม่ถึง ๑,๐๐๐ ตารางเมตร

(๓) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒๕๐ ตารางเมตร

ข้อ ๘ อาคารประเภท จ. หมายความถึง ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นไม่ถึง ๑๐๐ ตารางเมตร

ข้อ ๙ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(๑) ความเป็นกรดและด่าง (PH) ต้องมีค่าระหว่าง ๕-๙

(๒) บีโอดี (BOD) ต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ต้องมีค่าไม่เกิน ๓๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) ซัลไฟด์ (Sulfide) ต้องมีค่าไม่เกิน ๑.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๕) สารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solids) ต้องมีค่าเพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ตามปกติไม่เกิน ๕๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๖) ตะกอนหนัก (Settleable Solids) ต้องมีค่าไม่เกิน ๐.๕ มิลลิลิตรต่อลิตร

(๗) น้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease) ต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๘) ทีเคเอ็น (TKN) ต้องมีค่าไม่เกิน ๓๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๐ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ข. ต้องเป็นไปตามข้อ ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๓๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๑ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ค. ต้องเป็นไปตามข้อ ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) ซัลไฟด์ ต้องมีค่าไม่เกิน ๓.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) ค่าทีเคเอ็น ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๒ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ง. ต้องเป็นไปตามข้อ ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) ซัลไฟด์ ต้องมีค่าไม่เกิน ๔.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) ค่าทีเคเอ็น ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๓ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท จ. ต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(๑) ความเป็นกรดและด่างต้องมีค่าระหว่าง ๕-๙

(๒) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๖๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) น้ำมันและไขมัน ต้องมีค่าไม่เกิน ๑๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๔ การตรวจสอบมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่าง

(๒) การตรวจสอบค่าบีโอดีให้กระทำโดยใช้วิธีการอะไซด์โมดิฟิเคชั่น (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียส เป็นเวลา ๕ วัน ติดต่อกันหรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษให้ความเห็นชอบ

(๓) การตรวจสอบค่าสารแขวนลอยให้กระทำโดยใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)

(๔) การตรวจสอบค่าซัลไฟด์ให้กระทำโดยใช้วิธีการไตเตรท (Titrate)

(๕) การตรวจสอบค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมดให้กระทำโดยใช้วิธีการระเหยแห้งระหว่างอุณหภูมิ ๑๐๓ องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียส ในเวลา ๑ ชั่วโมง

(๖) การตรวจสอบค่าตะกอนหนักให้กระทำโดยใช้วิธีการกรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) ขนาดบรรจุ ๑,๐๐๐ ลูกบาศก์เซนติเมตร ในเวลา ๑ ชั่วโมง

(๗) การตรวจสอบค่าน้ำมันและไขมันให้กระทำโดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

(๘) การตรวจสอบค่าทีเคเอ็นให้กระทำโดยใช้วิธีการเจลดาห์ล (Kjeldahl)

ข้อ ๑๕ การคิดคำนวณพื้นที่ใช้สอย จำนวนอาคารและจำนวนห้องของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารให้เป็นไปตามวิธีการที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๑๖ วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ ความถี่ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำ ให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๑๗ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๔๘

ยงยุทธ ติยะไพรัช

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

# ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

# ผลวิเคราะห์น้ำทิ้งจากโรงอาหารก่อนการบำบัด

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

## ANALYSIS REPORT

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Customer Name** | : | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร | | | |
| **Address** | : | เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800 | | | |
| **Sampling Point** | : | น้ำทิ้งจากโรงอาหาร | | | |
| **Type of Sample** | : | Wastewater Sampling | **Analysis No.** | : | WW0130/2556 |
| **Sampling Method** | : | Grab | **Received Date** | : | February 7, 2013 |
| **Sampling Date** | : | Febuary 7, 2013 | **Analytical Date** | : | February 7-14 2013 |
| **Sampling Time** | : | 13.30 | **Report Date** | : | February 18, 2013 |
| **Sampling By** | : | Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. | | | |
| **Physical Properties** | : | ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก | | | |

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.52 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 2,330 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 4,620 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 160 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 3,632 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

**ผลวิเคราะห์น้ำหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 1**

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

## ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 1-1
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21, 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.32 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 1,051 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 478 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 162 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 1,749 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

**F-RP-027, Rev. 00, April 30, 2009**

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 1-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.29 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 1,032 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 483 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 168 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 1,745 |

**Remark** : [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 1-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21, 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.33 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 1,043 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 479 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 160 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 1,750 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 2-1
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็น

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.42 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 678 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 204 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 418 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 1,749 |

**Remark** : [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No.ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ก-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 2-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็น

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21, 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.51 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 683 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 218 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 430 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 1,745 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD
Laboratory Registered No 3-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 2-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็น

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.42 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 679 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 208 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 412 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 1,750 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No. 3-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 3-1
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็น

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21, 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.35 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 543 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 201 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 141 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 1,227 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition. 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 3-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็น

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.27 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 536 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 215 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 153 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 1,245 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 3-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็น

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21, 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.49 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 541 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 184 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 135 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 1,212 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 4-1
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็น

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.35 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 717 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 214 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 98 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 228 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 4-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็น

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21, 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.44 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 733 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 225 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 102 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 243 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ก-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 4-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 14, 2013
**Sampling Time** : 12.00
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็น

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 14, 2013
**Analytical Date** : February 14-21 2013
**Report Date** : February 25, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.32 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 710 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 221 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 100 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 219 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No. 3-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ก-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*



**หมายเหตุ**

น้ำทิ้งจุดที่ 1-1, 1-2, 1-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล
น้ำทิ้งจุดที่ 2-1, 2-1, 2-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย
น้ำทิ้งจุดที่ 3-1, 3-2 3-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม
น้ำทิ้งจุดที่ 4-1, 4-2 4-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง

**ผลวิเคราะห์น้ำหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 2**

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

## ANALYSIS REPORT

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Customer Name** | : | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร | | | |
| **Address** | : | เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800 | | | |
| **Sampling Point** | : | น้ำทิ้งจุดที่ 1-1 | | | |
| **Type of Sample** | : | Wastewater Sampling | **Analysis No.** | : | WW0130/2556 |
| **Sampling Method** | : | Grab | **Received Date** | : | February 21, 2013 |
| **Sampling Date** | : | Febuary 21, 2013 | **Analytical Date** | : | February 21-28 2013 |
| **Sampling Time** | : | 11.30 | **Report Date** | : | March 5, 2013 |
| **Sampling By** | : | Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. | | | |
| **Physical Properties** | : | ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก | | | |

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.56 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 576 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 118 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 95 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 879 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 1-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28, 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.48 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 489 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 145 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 90 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 861 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 1-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.51 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 460 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 109 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 88 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 864 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 2-1
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28, 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.48 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 150 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 96 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 431 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 975 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.๖-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD
Laboratory Registered No. ๖-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.๖-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 2-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.51 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 141 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 87 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 390 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 948 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 2-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28, 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.57 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 132 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 84 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 419 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 958 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.๖-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD
Laboratory Registered No. 2-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.๖-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 3-1
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.53 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 98 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 94 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 38 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 561 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No. 1-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ก-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 3-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28, 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.57 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 92 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 84 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 45 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 548 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 3-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.48 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 87 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 82 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 43 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 534 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 4-1
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28, 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.57 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 152 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 89 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 35 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 118 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 4-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.89 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 137 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 94 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 28 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 96 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 4-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 21, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 21, 2013
**Analytical Date** : February 21-28, 2013
**Report Date** : March 5, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.67 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 132 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 97 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 32 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 101 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*



**หมายเหตุ**

น้ำทิ้งจุดที่ 1-1, 1-2, 1-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล
น้ำทิ้งจุดที่ 2-1, 2-1, 2-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย
น้ำทิ้งจุดที่ 3-1, 3-2 3-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม
น้ำทิ้งจุดที่ 4-1, 4-2 4-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง

**ผลวิเคราะห์น้ำหลังการบำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ชนิดต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 3**

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

## ANALYSIS REPORT

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Customer Name** | : | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร | | | |
| **Address** | : | เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800 | | | |
| **Sampling Point** | : | น้ำทิ้งจุดที่ 1-1 | | | |
| **Type of Sample** | : | Wastewater Sampling | **Analysis No.** | : | WW0130/2556 |
| **Sampling Method** | : | Grab | **Received Date** | : | February 28, 2013 |
| **Sampling Date** | : | Febuary 28, 2013 | **Analytical Date** | : | February 28,2013 – March 7, 2013 |
| **Sampling Time** | : | 11.30 | **Report Date** | : | March 12, 2013 |
| **Sampling By** | : | Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. | | | |
| **Physical Properties** | : | ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก | | | |

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.02 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 230 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 84 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 78 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 396 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. 3-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 1-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28 2013 - March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.67 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 232 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 96 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 71 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 401 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 1-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28,2013 – March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 5.56 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 211 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 86 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 73 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 376 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 2-1
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28 2013 - March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.67 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 51 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 33 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 422 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 401 |

Remark : [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 2-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28,2013 – March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.34 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 58 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 29 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 313 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 382 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 2-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28 2013 - March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.31 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 49 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 31 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 409 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 395 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 3-1
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28,2013 – March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.89 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 34 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 19 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 18 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 238 |

**Remark** : [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD
Laboratory Registered No. 3-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 3-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28 2013 - March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.67 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 91 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 13 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 24 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 195 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 3-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28,2013 – March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.84 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 23 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 12 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 22 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 245 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. 2-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 4-1
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28 2013 - March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.27 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 84 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 32 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 21 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 96 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.๖-099-๑-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ๖-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.๖-099-๓-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 4-2
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28,2013 – March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.44 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 36 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 28 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 12 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 68 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.
Laboratory Registered No. 3-099

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.๖-099-๒-2416

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.๖-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

envi_research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO., LTD.

Environment Research & Technology Company Limited
25/113-114 Moo 6 Soi Chinaket 1, Ngamwongwan Road,
Toongsonghong, Laksi, Bangkok 10210
Tel. 0-2954-7745-6 Fax 0-2954-7747
E-mail : envi@enviresearch.co.th
www.enviresearch.co.th

# ANALYSIS REPORT

**Customer Name** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
**Address** : เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
**Sampling Point** : น้ำทิ้งจุดที่ 4-3
**Type of Sample** : Wastewater Sampling
**Sampling Method** : Grab
**Sampling Date** : Febuary 28, 2013
**Sampling Time** : 11.30
**Sampling By** : Ms. Nutta Suphap Personnel of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
**Physical Properties** : ขุ่น มีสีเหลือง มีตะกอนจำนวนมาก, มีกลิ่นเหม็นมาก

**Analysis No.** : WW0130/2556
**Received Date** : February 28, 2013
**Analytical Date** : February 28 2013 - March 7, 2013
**Report Date** : March 12, 2013

| Parameter | Unit | Method of Analysis1/ Analysis[1/] | Result |
|---|---|---|---|
| pH | - | Electrometric Method (pH Meter) | 6.44 |
| Biochemical Oxygen Demand | mg/l | 5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method | 45 |
| Total Suspended Solid | mg/l | Dried at 103-105°C | 24 |
| Oil & Grease | mg/l | Partition Gravimetric Method | 14 |
| Chemical Oxygen Demand | mg/l | Closed Reflux Method | 81 |

**Remark :** [1/] Standard Method for Examnation of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

(Ms.Ramita Taengthai)
Analyst No.ว-099-จ-2416

envi research
ENVIRONMENT RESEARCH & TECHNOLOGY CO.,LTD.
Laboratory Registered No. ว-099

(Ms.Panicha Promchai)
Lab. Supervisor No.ว-099-ค-2414

*DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL*
*REPORT ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE (S) ONLY*

**F-RP-027, Rev. 00, April 30, 2009**

**หมายเหตุ**

น้ำทิ้งจุดที่ 1-1, 1-2, 1-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกากน้ำตาล
น้ำทิ้งจุดที่ 2-1, 2-1, 2-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากกล้วย
น้ำทิ้งจุดที่ 3-1, 3-2 3-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากแตงโม
น้ำทิ้งจุดที่ 4-1, 4-2 4-3 น้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) ที่ผลิตจากฝรั่ง

# ประวัติการศึกษาและการทำงาน

**ชื่อ นามสกุล** นางสาวณัฐชา สิทธิศรี

**วัน เดือน ปีเกิด** 16 พฤศจิกายน 2533

**ภูมิลำเนา** อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

**ประวัติการศึกษา**

| | |
|---|---|
| ประถมศึกษา | โรงเรียนชุมชนวัดไทรม้า จังหวัดนนทบุรี |
| มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนศรีบุณยานนท์ จังหวัดนนทบุรี |
| มัธยมศึกษาตอนปลาย | โรงเรียนศรีบุณยานนท์ จังหวัดนนทบุรี |
| ปริญญาตรี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร |

**ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ**

-

# ประวัติการศึกษาและการทำงาน

**ชื่อ นามสกุล** นางสาวนัถตา สุภาพ

**วัน เดือน ปีเกิด** 11 กรกฎาคม 2534

**ภูมิลำเนา** เขตสามเสน จังหวัดกรุงเทพฯ

**ประวัติการศึกษา**

| | |
|---|---|
| ประถมศึกษา | โรงเรียนเทศบาล 3 วัดนครอินทร์ จังหวัดนนทบุรี |
| มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนนนทบุรีพิทยาคม จังหวัดนนทบุรี |
| มัธยมศึกษาตอนปลาย | โรงเรียนนนทบุรีพิทยาคม จังหวัดนนทบุรี |
| ปริญญาตรี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร |

**ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ**

-

# ประวัติการศึกษาและการทำงาน

**ชื่อ นามสกุล** นางสาวอัจฉรา สุดรุ่ง

**วัน เดือน ปีเกิด** 25 ตุลาคม 2533

**ภูมิลำเนา** อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

**ประวัติการศึกษา**

| | |
|---|---|
| ประถมศึกษา | โรงเรียนวัดท่าเกวียน (ศึกษาประชาสรรค์) จังหวัดนนทบุรี |
| มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นนทบุรี จังหวัดนนทบุรี |
| มัธยมศึกษาตอนปลาย | โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นนทบุรี จังหวัดนนทบุรี |
| ปริญญาตรี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร |

**ผลงานดีเด่น และรางวัลทางวิชาการ**

ได้รับคัดเลือกเป็นนักศึกษาสหกิจศึกษา ระดับดี ประจำสาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี พ.ศ. 2555