

b155259

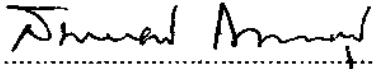
**ประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษา
รางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง**

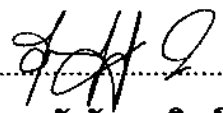
วรมน สุนทรภัก

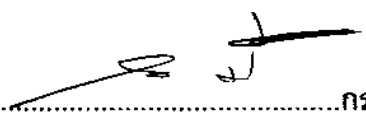
**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
พ.ศ. 2550**

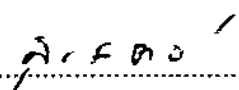
ประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษา
รางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง
วรมน สุนทรภัก
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์..........ประธานกรรมการ
(ดร. สมพจน์ กวรรณนุช)

รองศาสตราจารย์..........กรรมการ
(ดร. รัตติชัย สุขดิษฐ์)

อาจารย์..........กรรมการ
(วิวัฒน์ คัลยกำธร)

รองศาสตราจารย์..........รักษาราชการแทนคณบดี
(ดร. สุรสิทธิ์ วชิรวงศ์)
วันที่ ๕ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๐

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษา รางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง
ชื่อผู้เขียน	นางสาววรรณ สุนทรภัก
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
ปีการศึกษา	2550

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษา รางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากการเติมและไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพตามระยะทางการบำบัด 0, 40, 80 และ 120 เมตร ทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด – ด่าง ค่าบีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณไนเตรท ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณฟอสฟอรัสรวม แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และจัดรูปแบบการทดลองแบบ 2x4 Factorial Arrangement

ผลการศึกษา พบว่า การใช้กับไม่ใช้น้ำสกัดชีวภาพให้ผลในการบำบัดไม่แตกต่างกันในค่าความเป็นกรด – ด่าง ค่าบีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย และปริมาณไนเตรท ส่วนระยะทางในการบำบัดที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้องให้ดีขึ้นในทุกตัวชี้วัด นอกจากนี้การเติมน้ำสกัดชีวภาพและระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียไม่มีอิทธิพลร่วมกัน

สรุปได้ว่า น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นเองของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้องมีส่วนช่วยในการบำบัดเฉพาะปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม

ABSTRACT

Title of Thesis	Efficiency of Bioextract Water for Wastewater Treatment: A Case Study of Wastewater Drain of Maab Eumg Agri – Nature Foundation
Author	Miss Woramon Sunthonpuk
Degree	Master of Science (Environmental Management)
Year	2007

This study is aimed at comparing the quality of wastewater in drain treated utilizing two factors which are home – made bioextract water and non – substance added with different distance of 0, 40, 80 and 120 metre. The indicators which are applied to observe the significance are pH, BOD, the quantity of suspended solids, nitrate, ammonia, total phosphorus, total coliform bacteria and fecal coliform bacteria. The experiment was conducted by using CRD (Completely Randomized Design) with the experimental model of 2x4 factorial arrangement.

The result pointed out that applying bioextract water is ineffective to treat the wastewater from drain in Maab Eumg Agri – Nature Foundation in pH, BOD, the quantity of suspended solids and nitrate. In the length of distance, it is forward that, the longer distance resulted in the greater treatment of wastewater. However, there are no relationships between the bioextract water adding and the length of drain.

In conclusion, the bioextract can treat the wastewater in reducing only the quantity of ammonia, total phosphorus, total coliform bacteria and fecal coliform bacteria.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือ ทั้งในด้านความคิด กำลังกาย และกำลังใจ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพจน์ วรรณนุช ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ กรรมการผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้แนวคิด คำชี้แนะ และตรวจสอบวิทยานิพนธ์อย่างละเอียดในทุกชั้นตอน และอาจารย์ วิวัฒน์ ศัลยกำธร กรรมการผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลามาเป็นกรรมการ และให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการทดลอง รวมถึงได้ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านของหลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่ได้อบรม และถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้เขียน และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของหลักสูตร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อประสานงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่มูลนิธิสิทธิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ที่อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยของผู้เขียนให้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ การจัดการสิ่งแวดล้อม รุ่น 10 ทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ผู้เขียนมาโดยตลอด และขอบคุณคุณวิรัช เอื้อทรงธรรม คุณสิริสุดา หนูทิมทอง คุณนงคัมภา เกลี้ยงเกลา และคุณพนมกร รุนอ่อน ที่ได้ช่วยทำการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ได้ช่วยสนับสนุนให้ผู้เขียนศึกษา จนมีโอกาสดำเนินการวิทยานิพนธ์เล่มนี้

วรรณ สุนทรภัก

ตุลาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
<u>บทคัดย่อ</u>	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
 <u>บทที่ 1 บทนำ</u>	 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 กรอบแนวคิดในการศึกษา	3
1.5 สมมติฐานในการศึกษา	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.8 แผนการดำเนินงาน	5
 <u>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>	 6 c2-1
2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย	6
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย	13
2.3 <u>แนวคิดเกี่ยวกับจุลินทรีย์และน้ำเสี้ยวชีวภาพ</u>	24 c2-2
2.4 ข้อมูลมูลนิธกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง	43
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
 <u>บทที่ 3 วิธีการศึกษา</u>	 47
3.1 วัสดุอุปกรณ์	47

3.2 วิธีการทดลอง	47
3.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	50
3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	51
3.5 การบันทึกข้อมูล	51
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	52
4.1 อิทธิพลของน้ำสกักตื้อภาพที่มีต่อคุณภาพน้ำทิ้งรางลำเลียงน้ำเสีย ของมูลนิธิสิกกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง	52
4.2 อิทธิพลของระยะทางรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิสิกกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ต่อคุณภาพน้ำทิ้ง	62
4.3 อิทธิพลร่วมระหว่างน้ำสกักตื้อภาพและระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียที่มีผลต่อ คุณภาพน้ำทิ้งของมูลนิธิสิกกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง	72
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	82
5.1 สรุปผลการทดลอง	82
5.2 ข้อเสนอแนะ	87
บรรณานุกรม	89
ภาคผนวก	93
<u>ภาคผนวก ก</u> มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	94
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	99
<u>ภาคผนวก ค</u> วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	124
ภาคผนวก ง ภาพการทดลอง	151
ประวัติผู้เขียน	156

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	วิธีการกักตัวอย่างของน้ำ และช่วงเวลากัก และปริมาณของตัวอย่างน้ำ ที่ควรกักไว้	11
2.2	ขนาดของแบคทีเรีย	26
3.1	วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	50
4.1	คุณภาพน้ำทิ้งของโรงล้าเลี้ยงน้ำเสีย ณ มูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ	57
4.2	คุณภาพน้ำทิ้งของโรงล้าเลี้ยงน้ำเสีย ณ มูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติ มาบเอื้อง ที่ระยะทางในการบำบัดแตกต่างกัน	67
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของน้ำทิ้งในโรงล้าเลี้ยงน้ำเสียของ มูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้องที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและ มีระยะทางในการบำบัดแตกต่างกัน	77

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา	3
2.1 ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge)	18
2.2 ผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน ของเทศบาลตำบลแสนสุข จังหวัดชลบุรี	20
2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor)	21
2.4 ลักษณะทั่วไปของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ	22
2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond)	23
2.6 ผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ของเทศบาลเมืองอ่างทอง	24
2.7 โครงสร้างของเซลล์แบคทีเรีย	26
2.8 ลักษณะแบคทีเรียที่มีปลอกหุ้ม	28
2.9 โครงสร้างของ <i>Caulobacter</i> spp.	28
2.10 แบคทีเรียที่แตกหน่อ	29
2.11 ตัวอย่างของแบคทีเรียกลุ่มที่สั้นไกล	29
2.12 แบคทีเรียกลุ่มแอกติโนมัยซีท์	30
2.13 ไชยาในแบคทีเรียบางชนิด	31
2.14 เชื้อราในกลุ่มต่าง ๆ	32
2.15 สาหร่ายบางชนิดที่พบได้ในน้ำและน้ำเสีย	33
2.16 โปรโตซัวบางชนิดที่พบได้ในน้ำและน้ำเสีย	33
3.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง	48
3.2 แสดงรูปแบบการทดลอง 2 x 4 Factorial Arrangement	49
4.1 ค่าความเป็นกรด – ด่างของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพ	58
4.2 ค่าบีโอดี (BOD) ของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพ	58

4.3	ปริมาณของแข็งแขวนลอยของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ	59
4.4	ปริมาณไนเตรทของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ	59
4.5	ปริมาณแอมโมเนียของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ	60
4.6	ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ	60
4.7	ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ	61
4.8	ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ	61
4.9	ค่าความเป็นกรด – ด่างของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ที่ระยะทางต่างกัน	68
4.10	ค่าบีโอดี (BOD) ของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน	68
4.11	ปริมาณของแข็งแขวนลอยของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ที่ระยะทางต่างกัน	69
4.12	ปริมาณไนเตรทของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน	69
4.13	ปริมาณแอมโมเนียของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน	70
4.14	ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน	70
4.15	ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ที่ระยะทางต่างกัน	71
4.16	ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ที่ระยะทางต่างกัน	71
4.17	ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วย การเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ	78
4.18	ค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วย การเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ	78

4.19 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วย การเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ	79
4.20 ปริมาณไนเตรทของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วย การเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ	79
4.21 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วย การเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ	80
4.22 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วย การเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ	80
4.23 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ	81
4.24 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์มของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ	81

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

น้ำมีความสำคัญต่อมนุษย์อย่างยิ่ง มนุษย์ได้ใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการอุปโภคและบริโภค ใช้ในการเกษตรกรรม หรือใช้ในอุตสาหกรรม ซึ่งในแต่ละกิจกรรมที่มนุษย์ได้ใช้น้ำนั้นได้ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำขึ้นมาก – น้อยแล้วแต่กิจกรรมที่ทำ

ในปี พ.ศ. 2548 แหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีคิดเป็นร้อยละ 20 พอใช้ร้อยละ 48 เสื่อมโทรมร้อยละ 27 และเสื่อมโทรมมากร้อยละ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2547 พบว่า คุณภาพน้ำโดยรวมมีแนวโน้มเสื่อมโทรมมากขึ้น ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่มาจากการระบายน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่าง ๆ โดยไม่ผ่านการบำบัด ทำให้มีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) และแบคทีเรียกลุ่มฟิโกลโคลิฟอร์ม (FCB) สูง แหล่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมากส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เดิม ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ท่าจีนตอนล่าง และลำตะคองตอนล่าง (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

จากการที่น้ำเสียที่เกิดขึ้นบางส่วนไม่ได้รับการบำบัดก่อนถูกระบายลงไปปนเปื้อนกับน้ำในแม่น้ำลำคลอง ทำให้ส่งผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่และทรัพย์สินเป็นอย่างมาก ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดน้ำเสียให้ได้มาตรฐานก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งการบำบัดน้ำเสียนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีหนึ่งที่กำลังนิยมอยู่ในขณะนี้ คือ การใช้จุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย เป็นการบำบัดด้วยวิธีทางธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยและมีค่าใช้จ่ายในการบำบัดไม่สูงมากนัก

น้ำสกปรกหรือเป็นน้ำสกปรกที่ได้จากการย่อยสลายอินทรีย์สาร/วัตถุชีวภาพ โดยผ่านกระบวนการหมักในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน โดยจะมีจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหลายชนิดทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ เหล่านั้นให้กลายเป็นสารละลาย รวมถึงการเกิดเอนไซม์ตามธรรมชาติที่ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ทำได้รวดเร็วขึ้น โดยน้ำเสียส่วนใหญ่จะมีกลิ่นเหม็นที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือก๊าซไข่เน่า

(ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, 2547: 3) การผลิตน้ำสกัดชีวภาพโดยทั่วไปเป็นการใช้เศษวัตถุดิบหรือ/ชีวภาพที่เป็นของเสีย จึงเป็นการช่วยปรับเปลี่ยนของเสียที่จะทิ้งให้กลายเป็นของเสียที่ก่อประโยชน์

ศูนย์ฝึกอบรมของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้องก่อตั้งโดยอาจารย์วิวัฒน์ ศัลยกำธร เพื่อสาธิตและเผยแพร่แนวคิด “เศรษฐกิจพอเพียง” ตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยได้ออกแบบพื้นที่ตามแนวคิด ทฤษฎีใหม่ ซึ่งใช้สาธิตปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสำหรับระบบการทำการเกษตร และการดำรงชีวิต เพื่อให้บุคคลทั่วไปได้เห็นระบบการทำงานและเข้าใจการดำรงชีวิตแบบ “พอเพียง” การออกแบบพื้นที่ของศูนย์ฯ ได้ใช้ระบบร่องน้ำในการบำบัดน้ำเสีย โดยให้น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นเองจากเศษอาหารผสมกับน้ำเสียที่ไหลวนในระบบลำราง สำหรับการศึกษาศักยภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียของศูนย์ฯ ได้รับอนุญาตและความร่วมมือจากศูนย์ฯ เพื่อให้ได้ผลการทดสอบโดยใช้ข้อมูลทดสอบคุณภาพน้ำ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดการปัญหาน้ำเสีย และการเรียนรู้และประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

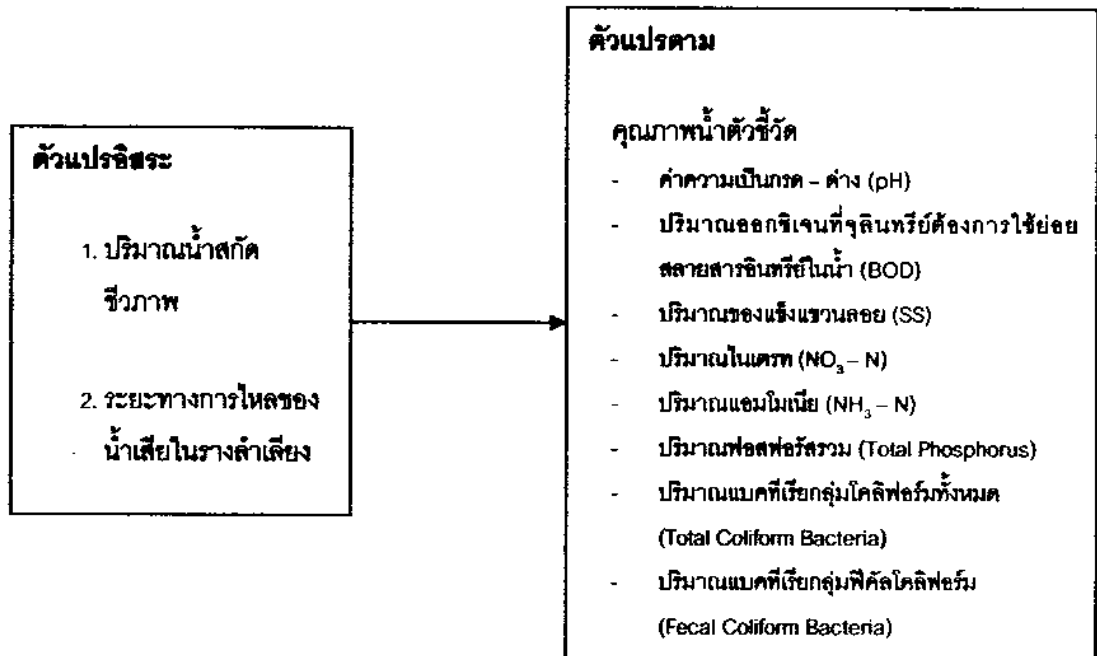
1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

1.2.2 เพื่อศึกษาระยะทางที่เหมาะสมของการไหลของน้ำในระบบลำรางในการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้ ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพที่ศูนย์ฯ ผลิตขึ้นเองในการบำบัดน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง โดยเปรียบเทียบข้อมูลคุณภาพน้ำที่ระยะทางต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับระยะทางที่เหมาะสมที่น้ำสกัดชีวภาพจะสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการรวบรวมข้อมูลได้จากการทดลองในพื้นที่ของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง จังหวัดชลบุรี โดยมีการเก็บตัวอย่างน้ำ ในวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2550 ซึ่งมีผู้เข้าร่วมอบรมที่มูลนิธิ ประมาณ 50 คน

1.4 กรอบแนวคิดในการศึกษา



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

1.5 สมมติฐานในการศึกษา

1.5.1 น้ำสกัดชีวภาพสามารถบำบัดน้ำเสียของมูลนิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้องได้
คุณภาพน้ำตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

1.5.2 น้ำสกัดชีวภาพช่วยให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำใช้ระยะทางสั้นลง

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 น้ำเสีย

หมายถึง น้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในมูลนิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง จังหวัด
ชลบุรี

1.6.2 น้ำสกัดชีวภาพ

หมายถึง น้ำสกัดที่ได้จากพืชสมุนไพรต่าง ๆ ที่ทางมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้องทำขึ้น เพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

1.6.3 เอนไซม์

หมายถึง สารซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ โดยเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักน้ำสกัดชีวภาพ

1.6.4 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

หมายถึง ตัวเลขแสดงความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำเสีย สามารถวัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด – ด่าง (pH Meter)

1.6.5 ค่าบีโอดี (BOD)

หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งสามารถวัดได้จากปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไปในระยะเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

1.6.6 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS)

หมายถึง ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากวิธี Gravimetric Method

1.6.7 ปริมาณไนเตรท ($\text{NO}_3 - \text{N}$)

หมายถึง ปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากวิธี Cadmium Reduction Method

1.6.8 ปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_3 - \text{N}$)

หมายถึง ผลรวมของปริมาณแอมโมเนียในน้ำเสียทั้ง NH_3 และ NH_4^+ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากวิธี Titrimetric Method

1.6.9 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

หมายถึง ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากวิธี Multiple Tube Fermentation Technique

1.6.10 แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)

หมายถึง ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากวิธี Multiple Tube Fermentation Technique

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.7.1 ได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย
- 1.7.2 ได้ข้อมูลสำหรับการออกแบบระยะทางการไหลของน้ำของระบบบำบัดน้ำด้วยน้ำสกัดชีวภาพ
- 1.7.3 ได้ข้อมูลเพื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับคุณภาพของน้ำเสียที่มูลนิธิสิกรรมธรรมชาติ มาบฉิม จังหวัดชลบุรี
- 1.7.4 ได้ข้อมูลเพื่อการประยุกต์ใช้ในสถานที่อื่น ๆ

1.8 แผนการดำเนินงาน

ระยะเวลาในการศึกษา ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2550 รวมระยะเวลา 9 เดือน โดยมีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

- 1.8.1 ศึกษา ค้นคว้าหลักการ แนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.8.2 วางแผนการทดลอง
- 1.8.3 เตรียมเครื่องมือ/อุปกรณ์
- 1.8.4 ดำเนินการทดลอง
- 1.8.5 เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล
- 1.8.6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ
- 1.8.7 จัดทำรูปเล่ม

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษา โรง
ล้างน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้องในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทบทวน
วรรณกรรม และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย
- 2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย
- 2.3 แนวคิดเกี่ยวกับจุลินทรีย์และน้ำสกัดชีวภาพ
- 2.4 ข้อมูลมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้คำ
จำกัดความของน้ำเสีย ว่าหมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปน
หรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

นวลพรรณ ณ ระนอง และมงคล เพ็ญสายใจ (2542: 74) ให้ความหมายของน้ำเสียว่า
เป็นน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การชำระล้างร่างกาย การประกอบอาหาร การรับถ่าย
ของเสีย การล้างวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม การล้างเครื่องจักร เป็นต้น ทำให้คุณลักษณะของ
น้ำเปลี่ยนแปลงจากเดิม เนื่องจากมีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณที่สูงจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่
ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป โดยปริมาณสิ่งสกปรกหรือสิ่งเจือปนในน้ำเสียนั้นจะขึ้นอยู่กับ
การใช้ประโยชน์ของน้ำ

สมร มุตตามระ (2546: 15) ได้ให้ความหมายของน้ำเสีย หมายถึง น้ำทิ้งหรือน้ำที่ผ่านการ
ใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่าง ๆ ในอาคารบ้านเรือน หรือโรงงานอุตสาหกรรมแล้วมีสิ่งปนเปื้อน

มามากบ้างน้อยบ้าง ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ไม่สามารถนำกลับมาใช้
อุปโภคบริโภคได้อีก เว้นเสียแต่ว่าจะได้ผ่านกรรมวิธีบำบัดที่เหมาะสมเสียก่อน

สรุปได้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำทิ้งหรือน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งทำให้น้ำนั้นมีสิ่งเจือปน หรือสารปนเปื้อน ส่งผลให้ไม่สามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้อีก

2.1.1 แหล่งที่มาของน้ำเสีย

เนื่องจากน้ำเสียมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิด จึงสามารถแบ่งน้ำเสียออกได้
เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้ (สมร มุตตามระ, 2546: 15 – 18)

2.1.1.1 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการใช้น้ำในชีวิตประจำวันจากที่พักอาศัย ร้านค้า ตลาด โรงแรม อาคารชุด รวมทั้งสถานที่ทำการต่าง ๆ น้ำเสียที่ระบายออกมาจะมีเศษอาหาร สบู่ สารซักฟอก อุจจาระ และปัสสาวะ ปะปนอยู่ เนื่องจากชุมชนส่วนใหญ่ยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย หรือที่มีอยู่ก็ยังไม่ได้มาตรฐาน น้ำเสียส่วนนี้เมื่อถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองแล้วจึงเกิดการเน่าเสียส่งกลิ่นเหม็น ทำให้ออกซิเจนในแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณลดน้อยลง เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำ อีกทั้งยังทำให้เชื้อโรคที่อาจปะปนมาแพร่กระจายเป็นอันตรายต่อผู้ใช้อีกด้วย

2.1.1.2 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นได้หลายจุดในกระบวนการผลิตของโรงงาน เริ่มต้นจากน้ำที่นำมาใช้ล้างวัตถุดิบ น้ำที่ผ่านเข้ามาในกระบวนการผลิต น้ำที่นำมาล้างเครื่องใช้ไม่สอยเมื่อการผลิตสิ้นสุด ตลอดจนน้ำที่ใช้ล้างพื้น นอกจากนี้ น้ำหล่อเย็นที่มีการปนเปื้อนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปตามประเภทของโรงงาน บางประเภทให้น้ำเสียที่มีคุณสมบัติเป็นกรด บางประเภทเป็นด่าง สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารพิษ สี ความขุ่น และมีของเสียหลายชนิดปะปนกัน เป็นต้น

เนื่องจากน้ำเสียมีคุณสมบัติแตกต่างกันนี้เอง จึงทำให้การบำบัดมีหลายวิธี และมีความยากง่ายแตกต่างกันออกไป หากน้ำเสียส่วนนี้ถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองโดยไม่ผ่านการบำบัดย่อมเกิดผลเสียหายต่อคุณภาพน้ำและระบบนิเวศในแม่น้ำลำคลองอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เช่นเดียวกัน

2.1.1.3 น้ำเสียจากการเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater) น้ำเสียส่วนนี้เกิดจากการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียจากการปลูกพืชจะมียาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช และ

ปฏี ประปนมาเป็นส่วนใหญ่ ส่วนน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์จะประกอบด้วยสารอินทรีย์เป็นหลัก เพราะมีเศษอาหารตกค้างและมูลสัตว์ซึ่งล้วนเป็นสารอินทรีย์ทั้งสิ้น

นอกจากแหล่งน้ำเสียทั้ง 3 แหล่งที่กล่าวมาแล้ว ยังมีแหล่งน้ำเสียจากแหล่งอื่นอีก เช่น น้ำเสียจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องเนื่องกับการท่องเที่ยว จากการพัฒนาพลังงาน การขนส่ง และอื่น ๆ

2.1.2 คุณสมบัติของน้ำเสีย

คุณสมบัติของน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ (สมร มุตตามระ, 2546: 19 – 21)

2.1.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Characteristics)

คุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย สี กลิ่น ความขุ่น ตะกอน อุณหภูมิ และการไหล

2.1.2.2 คุณสมบัติทางเคมี (Chemicals Characteristics)

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสียมีมากมายหลายชนิด เช่น ความเป็นกรด – ด่าง สารอินทรีย์ ไนโตรเจน สารฟอสฟอรัส โซลเฟอรัส โลหะหนัก เป็นต้น

2.1.2.3 คุณสมบัติทางชีวภาพ (Biological Characteristics)

จุลินทรีย์มีความสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะในน้ำเสียมีจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อชีวิตและสุขภาพของมนุษย์ ในขณะเดียวกันในระบบบำบัดน้ำเสียก็ใช้จุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งเป็นตัวย่อยสลายสิ่งสกปรกต่าง ๆ ได้แก่ แบคทีเรีย ซึ่งเป็นตัวที่ช่วยย่อยสลายสิ่งสกปรกในน้ำเสียร้อยละ 95 นอกนั้นจะเป็นรา สาหร่าย และโปรโตซัว

2.1.3 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสีย

การศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียเพื่อที่จะทราบว่าน้ำเสียนั้น ๆ มีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพเป็นอย่างไร มีความเข้มข้นระดับไหน และจะเลือกวิธีบำบัดแบบใดจึงจะเหมาะสม จะต้องเก็บตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์เสียก่อนจึงจะทราบได้ การเก็บตัวอย่างน้ำเสียมีรายละเอียดดังนี้ (สมร มุตตามระ, 2546: 21 – 23)

2.1.3.1 การเก็บตัวอย่าง (Sampling) การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของน้ำทั้งนั้น จะต้องได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของน้ำทั้งนั้นจริง ๆ มิฉะนั้นแล้วผลการวิเคราะห์จะไม่ถูกต้อง นำไปใช้ประโยชน์ตามที่ต้องการไม่ได้ ด้วยเหตุนี้การเก็บตัวอย่างในแต่ละครั้งจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ และดำเนินการเลือกวิธีเก็บตัวอย่างแล้ววิเคราะห์ให้ได้ข้อมูลตามต้องการ การเก็บตัวอย่างมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน คือ

1) การเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) คือ การเก็บตัวอย่างครั้งเดียว ที่จุดเดียว ในเวลาใดเวลาหนึ่ง แล้วนำมาวิเคราะห์ ก็จะได้ผลแสดงคุณสมบัติของน้ำเสีย ณ จุดนั้นและในเวลานั้นเท่านั้น ซึ่งไม่ได้เป็นตัวแทนของน้ำเสียอย่างแท้จริง การเก็บตัวอย่างแบบนี้จะทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของน้ำเสียในแต่ละจุดว่ามีคุณสมบัติเป็นอย่างไร มีความเข้มข้นระดับไหน การเก็บตัวอย่างในลักษณะนี้จะเห็นความผันแปรของปริมาณและความเข้มข้นของน้ำเสียในแต่ละจุดได้อย่างชัดเจน

2) การเก็บตัวอย่างแบบผสมรวม (Composite Sampling) หมายถึง การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ณ จุดใดจุดหนึ่งติดต่อกันตลอดวัน แล้วจึงนำน้ำเสียจากจุดเก็บต่าง ๆ มารวมกัน การเก็บน้ำเสียแบบนี้ปริมาณที่เก็บจะต้องเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของการไหลของน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียไหลออกมามากก็เก็บมาก ถ้าไหลออกมาน้อยก็เก็บน้อย การเก็บแต่ละครั้งจะห่างกันประมาณ 2 ชั่วโมง หรือ 3 ชั่วโมงตามความเหมาะสมจนครบ 1 วัน (ถ้าเก็บ 2 ชั่วโมงครั้ง ต้องเก็บ 12 ตัวอย่าง) แล้วจึงนำเอาน้ำเสียที่เก็บได้มารวมกันก็จะได้น้ำเสียที่เป็นตัวแทนจริง ๆ (ปริมาณน้ำเสียรวมเพื่อการวิเคราะห์จะต้องไม่น้อยกว่า 4 ลิตร) ผลจากการวิเคราะห์ของน้ำเสียที่เก็บด้วยวิธีนี้สามารถนำไปออกแบบระบบบำบัดได้

ข้อดีของการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้ คือ จะรู้ว่าคุณสมบัติของน้ำเสีย ณ จุดใดมีคุณสมบัติเป็นอย่างไร มีความเข้มข้นแค่ไหน มีปริมาณเท่าใด ควรจะนำมารวมหรือแยกบำบัด ข้อเสียของการเก็บน้ำเสียตัวอย่างด้วยวิธีนี้ คือ เสียเวลา และจะต้องวิเคราะห์น้ำเสียหลายตัวอย่างด้วยกัน การเก็บตัวอย่างน้ำเสียด้วยวิธีนี้หากสามารถซื้อเครื่องเก็บแบบอัตโนมัติได้ก็จะเป็นการสะดวกแต่มีราคาแพง

น้ำเสียที่เก็บในชั่วโมงต้น ๆ จะต้องเก็บไว้ในห้องเย็นหรือแช่น้ำแข็งไว้ เพื่อไม่ให้คุณสมบัติของน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก การแช่น้ำในห้องเย็นหรืออุณหภูมิต่ำจะหยุดการทำงานของแบคทีเรียที่ปะปนมากับน้ำเสีย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย แต่ก็ไม่ควรเกิน 6 ชั่วโมง น้ำเสียที่จะต้องเก็บนานเกิน 6 ชั่วโมงจะต้องเติมสารเคมีบางชนิดเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลง

3) การเก็บตัวอย่างจากบ่อรวม (Sump Sampling) หมายถึง การเก็บน้ำเสียจากบ่อที่เป็นที่รวมของน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ น้ำเสียจากบ่อรวมจัดได้ว่าเป็นตัวแทนของน้ำเสียที่แท้จริงได้หากน้ำเสียถูกกักไว้ในบ่อนานกว่า 6 ชั่วโมง

ข้อดีของการเก็บน้ำเสียด้วยวิธีนี้ คือ เก็บง่ายไม่ต้องเก็บหลายตัวอย่าง แต่มีข้อเสียที่ไม่สามารถแยกน้ำเสียที่มีความเข้มข้นน้อยออกได้ เพราะไม่ทราบว่าจะแยกออก ณ

จุดใด เนื่องจากไม่มีข้อมูลเหล่านั้นอยู่เลย ทำให้ต้องบำบัดน้ำเสียปริมาณมาก และเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูง

2.1.3.2 ภาชนะที่เก็บน้ำเสีย (Sample Bottle)

ควรใช้ขวดแก้วปากกว้างล้างให้สะอาด หรือขวดพลาสติกที่มีคุณภาพดี ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดหรือด่าง การเก็บน้ำเสียไม่ควรเก็บจนเต็มขวด ควรมีที่ว่างอากาศเหลืออยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ที่ปะปนมากับน้ำเสียตายเพราะขาดออกซิเจน

ขวดเก็บน้ำเสียจะต้องมีฉลากติดไว้ บนฉลากจะบอกรายละเอียดถึงแหล่งน้ำเสีย วิธีเก็บ วิธีรักษา เก็บ ณ จุดใด เวลาเท่าไร ใครเป็นผู้เก็บ พร้อมทั้งวันที่ที่เก็บด้วย ทั้งนี้หากการวิเคราะห์มีปัญหา ผู้วิเคราะห์จะได้สอบถามผู้เก็บ หรือติดต่อให้ไปเก็บตัวอย่าง ณ จุดที่ต้องการใหม่ได้

2.1.3.3 ปริมาณของน้ำที่จำเป็นต้องเก็บ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542: 62)

ปริมาณของน้ำควรเก็บมาอย่างน้อย 2 ลิตร สำหรับการนำไปวิเคราะห์หาลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำที่ถูกเก็บมา สำหรับตัวอย่างน้ำที่เก็บมาสำหรับการวิเคราะห์หาลักษณะทางชีวภาพ ควรมีปริมาณอย่างน้อย 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.1.3.4 การกักตัวอย่างน้ำ

โดยทั่วไปตัวอย่างน้ำที่ถูกเก็บมาแล้วนั้นควรทำการวิเคราะห์ทันที แต่เนื่องจากบางครั้งเวลาไม่อำนวย ดังนั้น การกักตัวอย่างน้ำจึงจำเป็นต้องทำ ดังตารางที่ 2.1

ในทางปฏิบัติแล้ว การกักเก็บตัวอย่างน้ำไม่ควรให้อากาศแทรกซึมเข้าไปในขวดเก็บตัวอย่างน้ำได้ เพราะฉะนั้นควรที่จะเก็บตัวอย่างน้ำให้เต็มขวดเพื่อไม่ให้มีที่ว่างให้อากาศเข้าแทนที่ได้ สำหรับการวัดหาค่า pH ควรที่จะทำทันที ไม่ควรเก็บกักไว้เพื่อทำการวิเคราะห์ เนื่องจากจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ค่อนข้างมาก

ตารางที่ 2.1 วิธีการกักตัวอย่างของน้ำ ช่วงเวลากัก และปริมาณของตัวอย่างน้ำที่ควรกักไว้

ลักษณะน้ำ ที่ทำการวิเคราะห์	วิธีการกัก	ช่วงเวลากัก ที่ขอมให้ นานที่สุด	ปริมาณของ ตัวอย่างน้ำที่ ควรกักไว้ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
Acidity และ Alkalinity	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	14 วัน	200
Ammonia Nitrogen	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	28 วัน	400
BOD	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	1000
Chloride	ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง	28 วัน	50
Chlorine	ต้องวัดทันที	-	500
Chromium VI	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	1 วัน	500
COD	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	28 วัน	50 – 100
Coliform	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	6 ชม.	-
Color	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	500
Cyanide	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ NaOH จนได้ pH > 12	1 วัน	500
Dissolved Oxygen	ต้องเก็บที่จุดวัด	-	300
Fluoride	ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง	28 วัน	300
Hardness	ใส่ HNO_3 หรือ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	6 เดือน	100
Mercury	ใส่ HNO_3 จนได้ pH < 2	28 วัน	500
Metals	ใส่ HNO_3 จนได้ pH < 2	6 เดือน	200
Nitrate และ Nitrite N	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	100
Oil และ Grease	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	28 วัน	1,000

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลักษณะน้ำ ที่ทำการวิเคราะห์	วิธีการกัก	ช่วงเวลาที่กัก ที่ยอมให้ นานที่สุด	ปริมาณของ ตัวอย่างน้ำที่ ควรกักไว้ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
Organic Carbon	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H ₂ SO ₄ จนได้ pH < 2	28 วัน	100
Orthophosphate	กรองทันทีหลังจากเก็บตัวอย่าง และแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	50
pH	ต้องวัดที่จุดเก็บ	-	25
Phenol	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H ₂ SO ₄ จนได้ pH < 2	28 วัน	500
Phosphorus	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H ₂ SO ₄ จนได้ pH < 2	28 วัน	50
Solids	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	7 วัน	100
Specific Conductance	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	28 วัน	500
Sulfate	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	28 วัน	50
Sulfide	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ Zinc Acetate และ NaOH จนได้ pH > 9	7 วัน	500
Surfactants	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	-
Threshold Odor	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	7 วัน	100 – 500
Total Kjeldahl Nitrogen	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H ₂ SO ₄ จนได้ pH < 2	28 วัน	500
Turbidity	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	100

แหล่งที่มา: เกரியงค์ดี อุดมสินโรจน์, 2542: 63

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียเป็นการกำจัดสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งน้ำเสียมีแหล่งที่มาแตกต่างกัน ทำให้การบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องให้หลายวิธีและหลายกระบวนการที่แตกต่างกัน

2.2.1 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

ในส่วนของขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์, 2542: 72 – 81)

2.2.1.1 ระบบก่อนขั้นต้น (Preliminary Treatment) เป็นระบบที่อยู่ในขั้นแรก ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การกำจัดตะกอนหนัก การทำให้ลอย การบดตัด เป็นต้น

2.2.1.2 ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) เป็นระบบที่อยู่ในขั้นที่ต้องการแยกสารตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย และกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน เป็นต้น

2.2.1.3 ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) เป็นระบบกำจัดสารอินทรีย์ และตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ สำหรับระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้ง เช่น การเติมคลอรีนก็จัดอยู่ในการบำบัดขั้นที่สองด้วย

2.2.1.4 ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) เป็นระบบที่แยกและกำจัดสารตะกอนแขวนลอยที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง การกำจัดสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสีย และการกำจัดสารปนเปื้อนอื่น ๆ ที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะทำการบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพของน้ำทิ้งดีขนาดไหน โดยทั่วไประบบบำบัดขั้นที่สามมักจะใช้ในการบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่ต้องการนำกลับมาใช้อีก เช่น นำมาใช้น้ำสนามหญ้า ใช้น้ำกับการชักโครกของโถส้วม ใช้น้ำกับระบบหล่อเย็น แม้กระทั่งนำไปใช้ผลิตน้ำประปา

2.2.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ เป็น 4 กระบวนการใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้ (สมร มุตตามระ, 2546: 25 – 31)

2.2.2.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical Wastewater Treatment)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ เป็นการใช้น้ำหลักการทางกายภาพ เช่น แรงโน้มถ่วง แรงเหวี่ยง แรงหนีศูนย์กลาง เป็นต้น เพื่อกำจัดหรือจัดเอาสิ่งสกปรกออกจากน้ำเสีย โดยเฉพาะสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ จึงนับเป็นหน่วยบำบัดน้ำเสียขั้นแรกที่ถูกนำมาใช้ก่อนที่น้ำเสียจะถูกนำไปบำบัดขั้นต่อไป จนกว่าจะมีคุณภาพดีพอที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีหลายวิธี ได้แก่ การกรองด้วยตะแกรง การทำให้ลอย การตัดย่อย รวดกกรวดทราย การปรับสภาพการไหล การแยกด้วยแรงเหวี่ยง การตกตะกอน และการกรอง เป็นต้น

1) การกรองด้วยตะแกรง (Screening) เป็นการดักเศษอาหารต่าง ๆ จำพวกเศษไม้ เศษกระดาษ ผ้า พลาสติก ที่ไหลมากับน้ำเสีย

2) การทำให้ลอย (Flotation) เป็นการแยกของแข็งที่ตกตะกอนได้ยาก หรือมีลักษณะครึ่งจมครึ่งลอยหรือมีน้ำหนักเบาออกจากส่วนที่เป็นของเหลวโดยใช้ฟองอากาศเป็นตัวพาหรือยกสิ่งสกปรกให้ลอยสูงขึ้นสู่ผิวของของเหลว กลายเป็นฝ้า ซึ่งกวาดออกหรือดักออกโดยใช้คนหรือเครื่องมือกล

3) การตัดย่อย (Comminution) การตัดย่อย เป็นการลดขนาดหรือปริมาตรของของแข็งให้มีขนาดเล็กลงและมีขนาดสม่ำเสมอ มักเป็นของแข็งที่เน่าเปื่อยได้ เช่น เศษเนื้อ กระดูกหมู กระดูกไก่ เป็นต้น

4) รวดกกรวดทราย (Grit Chamber) รวดกกรวดทรายเป็นเครื่องมือที่ใช้แยกเอาของแข็งที่น้ำหนักมาก เช่น กรวดทราย เศษโลหะ เศษไม้ เศษกระดูก เป็นต้น ออกจากน้ำเสีย

5) การปรับสภาพการไหล (Flow Equalization) การปรับสภาพการไหล เป็นการเก็บกักน้ำเสียไว้ระยะหนึ่ง เพื่อปรับอัตราการไหลของน้ำเสียซึ่งไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียให้มีความสม่ำเสมอและต่อเนื่อง และทำให้ความเข้มข้นของสิ่งสกปรกที่อยู่ในน้ำเสียมีค่าคงที่และสม่ำเสมอ

6) การตกตะกอน (Sedimentation) การตกตะกอนเป็นการแยกเอาของแข็งที่มีน้ำหนักมากกว่าน้ำออกจากน้ำเสียโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก

2.2.2.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี (Chemical Wastewater Treatment)

การบำบัดด้วยวิธีทางเคมี เป็นการใช้น้ำสารเคมีหรือการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อบำบัดน้ำเสีย โดยมีวัตถุประสงค์

- 1) เพื่อรวมตะกอนหรือของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กในน้ำเสียให้มีขนาดโตพอที่จะตกตะกอนได้ง่าย ซึ่งเรียกตะกอนดังกล่าวว่า Flock และกระบวนการดังกล่าวว่า การสร้างตะกอน (Coagulation) และการรวมตะกอน (Flocculation)
- 2) เพื่อให้ของแข็งที่ละลายในน้ำเสียกลายเป็นตะกอน หรือทำให้ไม่สามารถละลายน้ำได้ เรียกกระบวนการดังกล่าวว่า การตกตะกอนผลึก (Precipitation)
- 3) เพื่อทำการปรับสภาพน้ำเสียให้มีความเหมาะสมที่จะนำไปบำบัดด้วยกระบวนการอื่นต่อไป เช่น การทำให้น้ำเสียมีความเป็นกลางก่อนแล้วนำไปบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ เป็นต้น
- 4) เพื่อทำลายเชื้อโรคในน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ หรือก่อนที่จะบำบัดด้วยวิธีการอื่น ๆ ต่อไป

โดยทั่วไปแล้วการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีนี้มักจะทำร่วมกันกับหน่วยบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ตัวอย่างเช่น กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีโดยการใช้สารเคมีเพื่อทำให้ตกตะกอน เป็นต้น ในปัจจุบันนี้มีการใช้หน่วยบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีหลายอย่างด้วยกันแต่จะขอยกเฉพาะที่ถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียเป็นส่วนใหญ่ คือ การตกตะกอนโดยใช้สารเคมี การทำให้เป็นกลาง และการทำลายเชื้อโรค

1) การตกตะกอนโดยใช้สารเคมี (Chemical Coagulation หรือ Precipitation) เป็นการใช้สารเคมีช่วยตกตะกอนโดยให้เติมสารเคมี (Coagulant) ลงไป เพื่อเปลี่ยนสถานะทางกายภาพของของแข็งแขวนลอยที่มีขนาดเล็กให้รวมกันมีขนาดใหญ่ขึ้นเรียกกระบวนการดังกล่าวว่า Flocculation

2) การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) เป็นการปรับสภาพความเป็นกรด – ด่าง หรือ pH ให้อยู่ในสภาพที่เป็นกลาง เพื่อให้เกิดความเหมาะสมที่จะนำไปบำบัดน้ำเสียในขั้นอื่นต่อไป โดยเฉพาะกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพซึ่งต้องการน้ำเสียที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 6.5 – 8.5 แต่ก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้วลงสู่ธรรมชาติ ต้องปรับสภาพ pH อยู่ในช่วง 5 – 9 ถ้า pH ต่ำจะต้องปรับสภาพด้วยด่าง ด่างที่นิยมนำมาใช้ คือ โซดาไฟ (NaOH) ปูนขาว (CaO) หรือแอมโมเนีย (NH₃) เป็นต้น และถ้าน้ำเสียมีค่า pH สูงต้องทำการปรับสภาพ pH ให้เป็นกลางโดยใช้กรด กรดที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ กรดกำมะถัน (H₂SO₄) กรดเกลือ (HCl) หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

3) การทำลายเชื้อโรค (Disinfection) การทำลายเชื้อโรคในน้ำเสียเป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคโดยใช้เคมีหรือสารอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อป้องกันการ

แพร่กระจายของเชื้อโรคมาสู่คนและเพื่อทำลายห่วงโซ่ของเชื้อโรคและการติดเชื้อมาก่อนที่จะถูกปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรค ได้แก่ คลอรีน และสารประกอบคลอรีน ไบรอนีน ไฮโดรเจน ไฮโอโซน ฟีนอลและสารประกอบของฟีนอล แอลกอฮอล์ เป็นต้น ซึ่งคลอรีนเป็นสารเคมีที่นิยมใช้

2.2.2.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ (Biological Wastewater Treatment)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ เป็นการใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวช่วยในการเปลี่ยนสภาพของของเสียในน้ำให้อยู่ในสภาพที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ เปลี่ยนให้กลายเป็นก๊าซทำให้มีกลิ่นเหม็น เป็นต้น ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทในการช่วยเปลี่ยนสภาพสิ่งสกปรกในน้ำเสีย คือ พืชจุลินทรีย์ ได้แก่ พืชแบคทีเรีย โปรโตซัว สาหร่าย รา และไรติเฟอร์ โดยจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการบำบัดน้ำเสีย คือ พืชแบคทีเรีย

2.2.2.4 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ – เคมี (Physical – chemical Wastewater Treatment)

เป็นกระบวนการที่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยมากกว่ากระบวนการที่กล่าวมา ซึ่งกระบวนการนี้จะใช้ในขั้นตอนสุดท้ายในการบำบัดน้ำเสีย ที่ผ่านกระบวนการในขั้นตอนอื่นแล้ว เช่น กระบวนการดังต่อไปนี้

- 1) การดูดซับด้วยถ่าน (Carbon Adsorption) วิธีการนี้ใช้ผงถ่านหรือคาร์บอนเป็นตัวดูดซับสารเจือปนที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง
- 2) การแลกเปลี่ยนประจุ วิธีการนี้จะอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างสารปนเปื้อนในน้ำเสียกับตัวกลางที่บรรจุซึ่งมีทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยจะมีการลำเลียงน้ำภายใน

กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะเห็นว่ามียู้อยู่ด้วยกันหลายวิธี และนับวันจะมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้ต้องการบำบัดน้ำเสียให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเลือกกระบวนการที่เหมาะสม โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ทั้งทางด้านวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ สังคม และการเมือง และหากมีการพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบต่าง ๆ จะช่วยในการออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสียได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น

2.2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา คือ ระบบบำบัดน้ำเสียโดยการกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ไม่สามารถตกตะกอนได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยการใช้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ จากธรรมชาติมาย่อยสลายสารอินทรีย์และอนินทรีย์บางชนิดที่มีอยู่ในน้ำเสียในสภาวะที่มีออกซิเจนหรือสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายและเซลล์จุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียประมาณร้อยละ 95 รองลงมาได้แก่ เชื้อรา สาหร่าย และโปรโตซัว น้ำเสียที่นำมาบำบัดโดยวิธีทางชีววิทยาควรผ่านกระบวนการบำบัดขั้นเตรียมการและบำบัดขั้นต้นมาก่อน เพื่อให้ให้น้ำเสียมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์และไม่ควรมีสารที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำเสียที่จะนำมาบำบัดโดยวิธีทางชีววิทยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ น้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ (สุบัญญัติ นิมรัตน์, 2548: 83 – 84)

ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียชุมชนในประเทศไทย ได้แก่

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส (Activated Sludge) และระบบดัดแปลงต่าง ๆ ของเอเอส เช่น คลองวนเวียน ระบบเอสบีอาร์
2. ระบบบำบัดน้ำเสียฟิล์มตรึง เช่น ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ
3. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบปฏิกิริยาชีวเคมี เช่น บ่อปรับเสถียร
4. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ ระบบสระเติมอากาศ
5. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ตัวกลางเติมอากาศ

โดยระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่นิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่

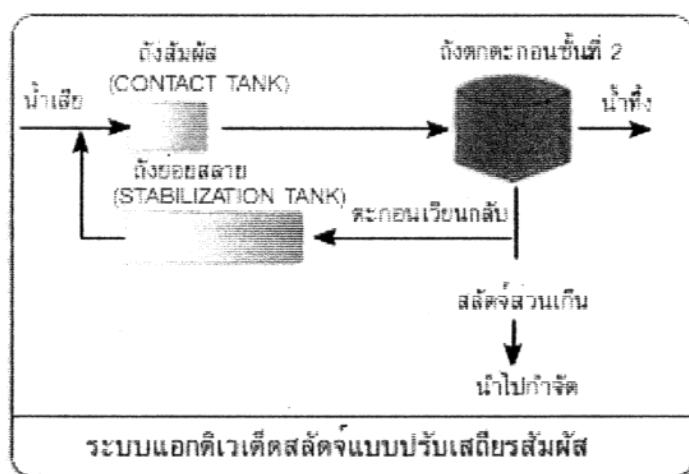
2.2.3.1 ระบบเอเอส (Activated Sludge – AS)

เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบเอเอสเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะต้องมีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด

ในปัจจุบัน ระบบเอเอสมีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process)

ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) หรือระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) เป็นต้น (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2549)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) โดยน้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศ ซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมากตามที่ออกแบบไว้ สภาพภายในถังเติมอากาศจะมีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบแอโรบิก จุลินทรีย์เหล่านี้จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกสลัดจ์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศใหม่เพื่อรักษาความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศให้ได้ตามที่กำหนด และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่ต้องนำไปกำจัดต่อไป สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge)

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2549.

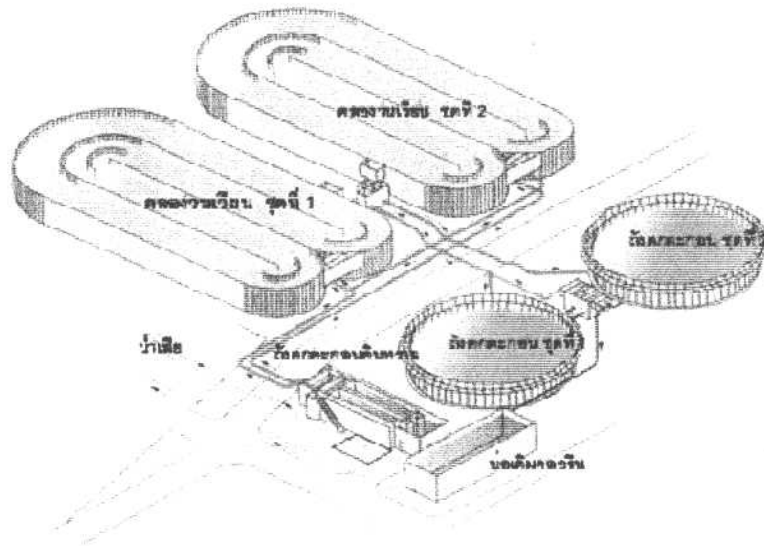
2.2.3.2 ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch – OD)

ระบบนี้จัดเป็นระบบเอสบีอาร์ประเภทหนึ่ง แต่ใช้วิธีการเติมอากาศด้วยคลองวนเวียน โดยน้ำเสียจะไหลภายในคลองวนเวียนอย่างช้า ๆ ด้วยความเร็วประมาณ 0.25 – 0.35

เมตร/วินาที เพื่อให้เกิดการเติมอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านการเดินระบบและบำรุงรักษาลงได้ ทำให้มีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพียงบางจุด เพื่อช่วยให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ระบบคลองวนเวียนนี้เหมาะสมกับชุมชนขนาดเล็ก และมีราคาที่ดินไม่สูงจนเกินไป เนื่องจากการก่อสร้างคลองวนเวียนต้องใช้จำนวนที่ดินมากกว่าถังเติมอากาศแบบปกติ ระบบนี้สามารถลดค่า BOD ของน้ำเสียได้ร้อยละ 75 – 95 (มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 2549)

การทำงานของระบบคลองวนเวียนจะเหมือนกับระบบเอเอสโดยทั่วไป คือ อาศัยจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด โดยจุลินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และโปรโตซัว เป็นต้น ซึ่งสถานะที่ใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเป็นสถานะแอโรบิก โดยจุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน เพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในระบบ จากนั้นจึงแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสียที่ผ่านบำบัดแล้ว โดยวิธีการตกตะกอนในถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) เพื่อให้ได้น้ำใส (Supernatant) อยู่ส่วนบนของถังตกตะกอน ซึ่งมีคุณภาพน้ำดีขึ้น และสามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

เนื่องจากระบบเอเอสและระบบคลองวนเวียนต่างก็อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์เป็นหลัก ดังนั้น การควบคุมสภาพแวดล้อม อาทิ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด – ด่าง และค่าความกระด้าง (Alkalinity) เพื่อให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่ง นอกเหนือจากการควบคุมการทำงานของเครื่องมือ – อุปกรณ์ หากไม่สามารถควบคุมให้สามารถทำงานได้ตามปกติ อาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาได้ ปัญหาที่มักเกิดขึ้น ได้แก่ การลอยตัวของตะกอนในถังตะกอน ทั้งในรูปตะกอนขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ บางครั้งเป็นตะกอนสีน้ำตาลและส่งกลิ่นเหม็น สาเหตุที่สำคัญของปัญหาเหล่านี้ ส่วนหนึ่งเกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกลุ่ม Filamentous ปฏิกริยาที่ก่อให้เกิดก๊าซในถังมากเกินไปรวมทั้งคุณลักษณะด้านกายภาพและเคมีของน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบ วิธีการแก้ไขปัญหานี้จำเป็นต้องดำเนินการเป็นเฉพาะกรณี แต่วิธีที่สำคัญ ได้แก่ การตรวจวัดและปรับสภาพน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม การควบคุมปริมาณออกซิเจนของน้ำเสียในขั้นตอนการเติมอากาศให้อยู่ในระดับเฉลี่ย 2 มิลลิกรัม/ลิตร การควบคุมอัตราส่วนระหว่างสารอินทรีย์และปริมาณจุลินทรีย์ การควบคุมอายุของจุลินทรีย์ รวมทั้งการใช้สารเคมีบางชนิด (มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 2549)



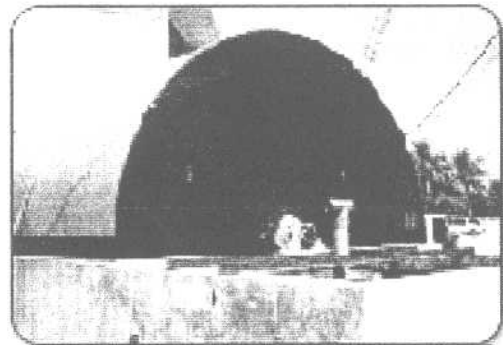
ภาพที่ 2.2 ผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวางเวียน ของเทศบาลตำบลแสนสุข จังหวัดชลบุรี
แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2549.

2.2.3.3 ระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactors - RBC)

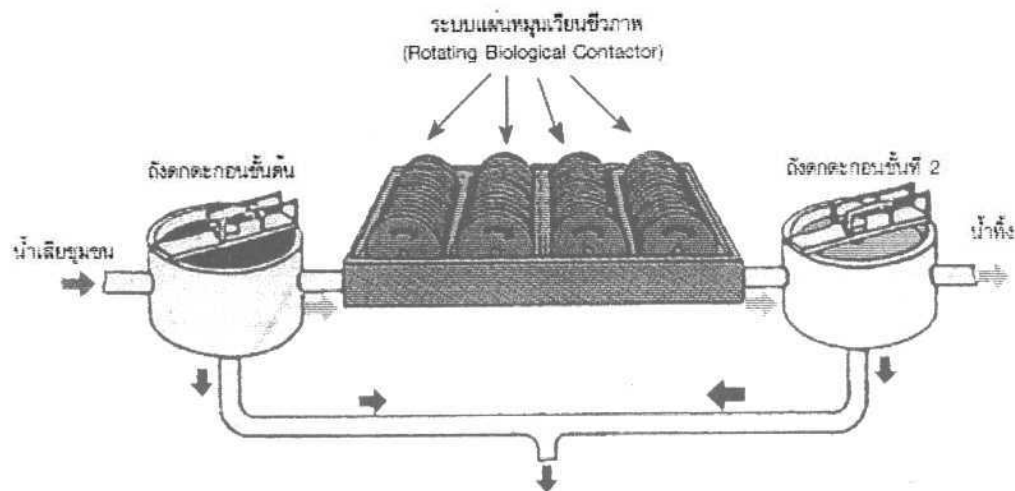
เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศเยอรมนี เมื่อปี พ.ศ. 2503 โดยคุณลักษณะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนและกลมคล้ายจาน (Circular Disk) ขนาดใหญ่ทำด้วยพลาสติก Polystyrene หรือ Polyvinyl Chloride (PVC) วางเรียงใกล้ ๆ กัน และพื้นผิวโดยรอบของแผ่นจานจะมีลักษณะโปร่งเป็นซี่ ๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์เกาะติดได้มากขึ้น โดยส่วนหนึ่งของแผ่นจานจะจมอยู่ในน้ำเสียประมาณร้อยละ 35 – 40 แล้วหมุนอย่างช้า ๆ เพื่อผลัดเปลี่ยนให้ส่วนอื่น ๆ ของแผ่นจานได้สัมผัสกับน้ำเสียเช่นกัน ในขณะที่แผ่นจานจมอยู่ในน้ำเสีย จุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่จะดึงอาหารซึ่งเป็นสารอินทรีย์จากน้ำเสียและจะเกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น เมื่อส่วนของแผ่นจานนั้นเคลื่อนตัวขึ้นเหนือน้ำ ทำให้จุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการย่อยสลายของสารอินทรีย์ น้ำเสียจึงได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น นอกจากนี้การหมุนของแผ่นจานจะเป็นการช่วยเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำเสียไปในตัว ทำให้มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บนแผ่นจานจะเพิ่มความหนาขึ้นเรื่อย ๆ โดยทั่วไปจะมีความหนาประมาณ 1 – 4 มิลลิเมตร โดยบริเวณที่จุลินทรีย์สามารถ

ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีที่สุด จะอยู่ที่พื้นผิวชั้นนอกความหนาไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร ส่วนบริเวณที่ลึกเข้าไปด้านในจะเริ่มมีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ไม่ดีเท่าที่ควร และจุลินทรีย์ที่อยู่ด้านในจะตายและหลุดออกไปในที่สุด เซลล์ใหม่ด้านนอกจะเจริญเติบโตขึ้นมาแทนที่อย่างเป็นวัฏจักร ระบบนี้สามารถลดค่า BOD ของน้ำเสียได้ร้อยละ 85 – 95 (มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 2549)

อย่างไรก็ตาม ระบบนี้เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นไม่สูงมากนัก และผ่านการบำบัดขั้นต้นก่อน เช่น การตกตะกอนเพื่อลดความเข้มข้นของน้ำเสีย ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งต่อการเลือกระบบนี้ใช้ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หากเป็นพื้นที่ที่มีอากาศหนาว จุลินทรีย์ก็อาจจะเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ จากการศึกษา พบว่าอุณหภูมิต่ำสุดของน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการใช้งานของระบบนี้ ได้แก่ 12.8 องศาเซลเซียส ปัญหาที่พบบ่อยจากการใช้งาน ได้แก่ การชำรุดของอุปกรณ์ เช่น บริเวณแกนของแผ่นจานหรือแผ่นพลาสติก การชำรุดของเครื่องจักรกลที่ทำให้หมุน และปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น การชำรุดของอุปกรณ์เหล่านี้ ส่วนใหญ่เกิดจากการที่ออกแบบระบบ ให้น้ำหนักได้ไม่เพียงพอ หรือเกิดจากการที่ได้รับความร้อนหรือแสงอุลตราไวโอเล็ตมากเกินไป (มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 2549)



ภาพที่ 2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor)
แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2549.

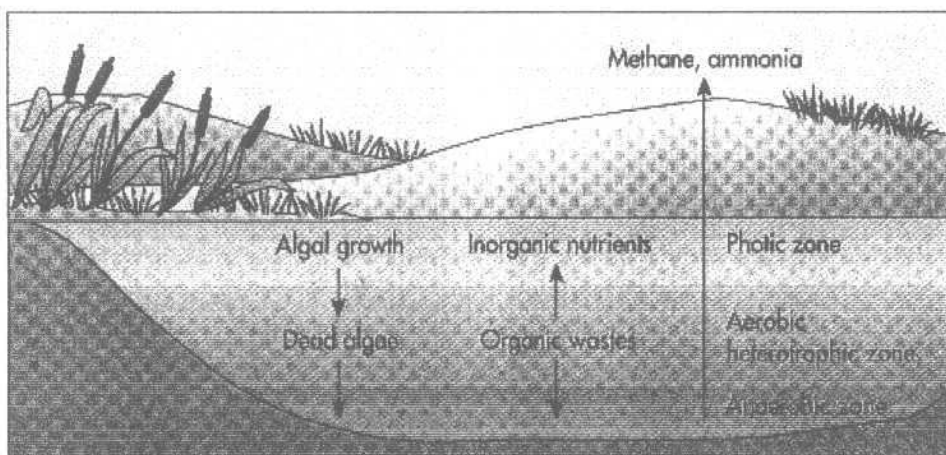


ภาพที่ 2.4 ลักษณะทั่วไปของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2549.

2.2.3.4 ระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond)

เป็นบ่อดินที่มีการออกแบบให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเสียโดยวิธีการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนเป็นหลัก โดยมีแสงแดดและสาหร่ายเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มปริมาณของออกซิเจนในบ่อ เพื่อให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้น ความลึกของบ่อจึงอยู่ในระดับที่แสงแดดสามารถส่องได้อย่างทั่วถึง โดยทั่วไปมีความลึกไม่เกิน 1.5 เมตร ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่สำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบนี้ ได้แก่ ปริมาณสาหร่าย ความเข้มข้นของน้ำเสีย และระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสีย เพื่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ เป็นต้น โดยทั่วไปบ่อผึ่งจะสามารถลดค่า BOD ลงได้ร้อยละ 60 – 80 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการใช้บ่อผึ่งนี้ จะต้องใช้พื้นที่ในการก่อสร้างมากจึงเหมาะสำหรับชุมชนที่มีราคาที่ดินต่ำ ดูแลและควบคุมได้ง่าย รวมทั้งน้ำเสียจะต้องมีความสกปรกไม่มากจนเกินไป (มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 2549)



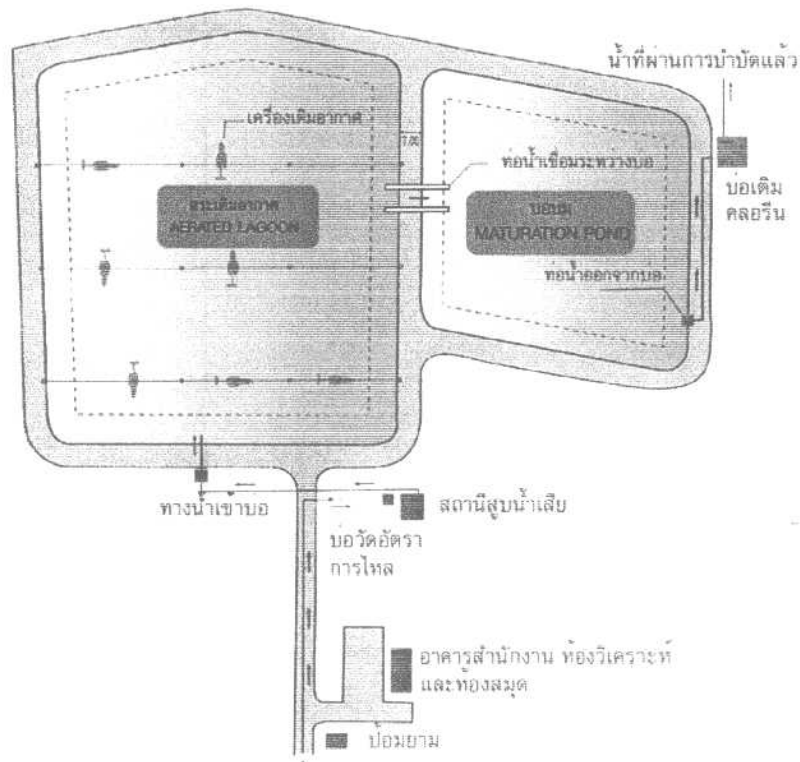
ภาพที่ 2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond)

แหล่งที่มา: Rensselaer Polytechnic Institute, 2549.

ปัญหาที่พบได้โดยทั่วไปของบ่อผึ่ง ได้แก่ ปัญหาเรื่องกลิ่น ซึ่งอาจจะเกิดจากความสกปรกของน้ำเสียสูงเกินกว่าที่ระบบสามารถรองรับได้ ทำให้เกิดภาวะมีออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอ นอกจากนี้ยังอาจมีสาเหตุมาจากการขาดแคลนปริมาณสาหร่ายหรือพืชน้ำที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจน จากขบวนการสังเคราะห์แสง รวมทั้งขบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน บริเวณส่วนล่างของบ่อ จะทำให้เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น อาทิ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซมีเทน เป็นต้น การเพิ่มประสิทธิภาพของบ่อผึ่งให้เหมาะสมกับความสกปรกของน้ำเสียจึงเป็นมาตรการที่สำคัญต่อการแก้ไขปัญหานี้ ซึ่งอาจจะทำได้โดยการใช้เครื่องจักรกลเข้ามาช่วย เช่น การติดตั้งเครื่องเติมอากาศ รวมทั้งการก่อสร้างบ่อให้เพียงพอ ส่วนทำเลที่ตั้งของระบบนี้จะต้องอยู่ห่างไกลจากชุมชน และควรปลูกต้นไม้เป็นรั้วธรรมชาติเพื่อลดการฟุ้งกระจายของกลิ่นสู่ภายนอก

2.2.3.5 ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

ลักษณะเป็นสระดินเหมือนกับบ่อผึ่งแต่มีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำเสียได้อย่างทั่วถึง แทนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายหรือพืชน้ำอื่น ๆ ขนาดของสระเติมอากาศจึงเล็กกว่าบ่อผึ่ง นอกจากนี้ยังมีความลึกมากกว่า แต่ไม่ควรลึกมากกว่า 4 เมตร ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องเติมอากาศอาจไม่สามารถเติมออกซิเจนได้อย่างเพียงพอ ทำให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 2549)

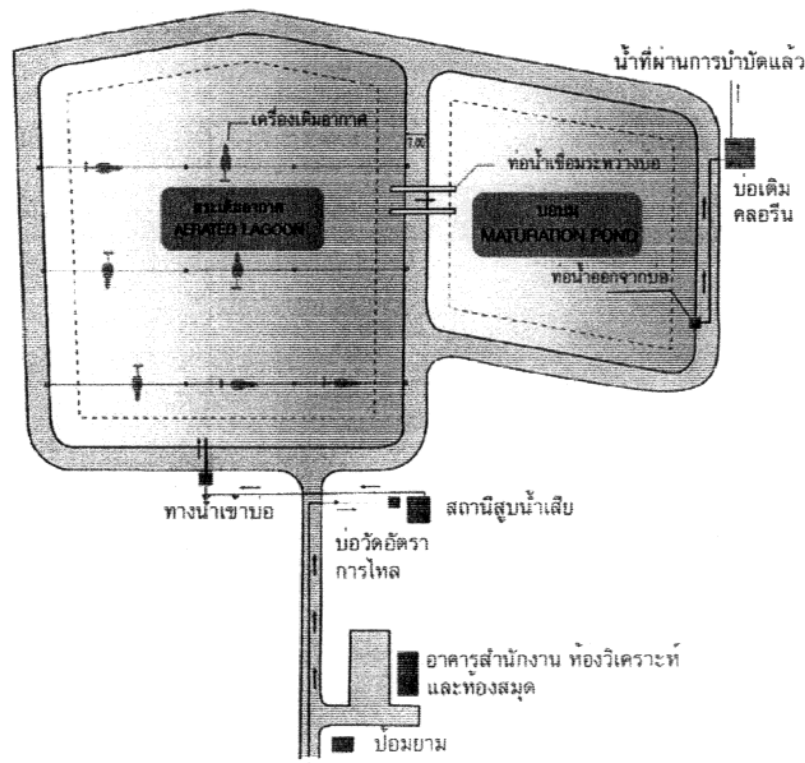


ภาพที่ 2.6 ผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ของเทศบาลเมืองอ่างทอง
แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2549.

การสร้างระบบสระเติมอากาศ จะต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างมาก ดังนั้น จึงเหมาะสมกับชุมชนที่มีราคาที่ดินไม่สูงมากนัก นอกจากนี้ระบบนี้ยังสามารถรับน้ำเสียหรือสารมลพิษที่ไหลเข้าสู่ระบบอย่างกะทันหันได้ รวมทั้งสามารถควบคุมปัญหาเรื่องกากตะกอนหรือปัญหาเรื่องกลิ่นได้ดี สระเติมอากาศจึงเหมาะต่อการบำบัดน้ำเสียทั้งจากชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานกระดาษ และโรงงานผลิตอาหาร เป็นต้น (มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 2549)

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับจุลินทรีย์และน้ำสกัดชีวภาพ

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จุลินทรีย์มีอยู่ทุกหนทุกแห่ง แม้แต่ในร่างกายของเรา และยังพบในพืช สัตว์ ในสิ่งแวดล้อม ทั้งดิน น้ำ อาหาร อากาศ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกที่มีประโยชน์ และไม่ทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น จุลินทรีย์มีประโยชน์ทั้งทางด้าน



ภาพที่ 2.6 ผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ของเทศบาลเมืองอ่างทอง
แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2549.

การสร้างระบบสระเติมอากาศ จะต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างมาก ดังนั้น จึงเหมาะสมกับชุมชนที่มีราคาที่ดินไม่สูงมากนัก นอกจากนี้ระบบนี้ยังสามารถรับน้ำเสียหรือสารมลพิษที่ไหลเข้าสู่ระบบอย่างกะทันหันได้ รวมทั้งสามารถควบคุมปัญหาเรื่องกากตะกอนหรือปัญหาเรื่องกลิ่นได้ดี สระเติมอากาศจึงเหมาะต่อการบำบัดน้ำเสียทั้งจากชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานกระดาษ และโรงงานผลิตอาหาร เป็นต้น (มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 2549)

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับจุลินทรีย์และน้ำสกัดชีวภาพ

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จุลินทรีย์มีอยู่ทุกหนทุกแห่ง แม้แต่ในร่างกายของเรา และยังพบในพืช สัตว์ ในสิ่งแวดล้อม ทั้งดิน น้ำ อาหาร อากาศ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกที่มีประโยชน์ และไม่ทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น จุลินทรีย์มีประโยชน์ทั้งทางด้าน

การเกษตร โดยช่วยให้ดินอุดมสมบูรณ์ ย่อยสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์ที่พืชนำไปใช้ได้ จึงช่วยให้เกิดการหมุนเวียนของแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน ในด้านอุตสาหกรรม จุลินทรีย์มีประโยชน์ในการผลิตสารผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ในด้านการแพทย์ยังได้ประโยชน์จากจุลินทรีย์บางชนิดที่ช่วยผลิตสารปฏิชีวนะที่ใช้ในการรักษาโรค แต่บางพวกก่อให้เกิดโรคในพืช สัตว์ และมนุษย์ (สุนันทาพรหมบุญ และคณะ, 2549)

Haeckel นักสัตววิทยาชาวเยอรมันได้จัดจุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอยู่ในอาณาจักรโปรติสตา (Protista) โดย Haeckel ได้รวมสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ที่ไม่มีการจัดเรียงตัวเซลล์ที่แน่นอนและไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ไปเป็นเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่ทำหน้าที่เฉพาะให้อยู่ในอาณาจักรโปรติสตานี้ ซึ่งมีการจำแนกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ (สุบัญญัติ นิมรัตน์, 2548: 1 – 2)

1. โปรแคริโอต (Prokaryote) คือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสประกอบด้วยสิ่งมีชีวิต 2 กลุ่ม คือ แบคทีเรีย (Bacteria) และสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (Blue – green Algae) หรืออีกชื่อหนึ่งเรียกว่า ไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria)

2. ยูแคริโอต (Eukaryote) คือ สิ่งมีชีวิตที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เช่น เชื้อรา โปรโตซัว และสาหร่าย เป็นต้น

2.3.1 การแบ่งกลุ่มจุลินทรีย์

เราสามารถแบ่งกลุ่มจุลินทรีย์ได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

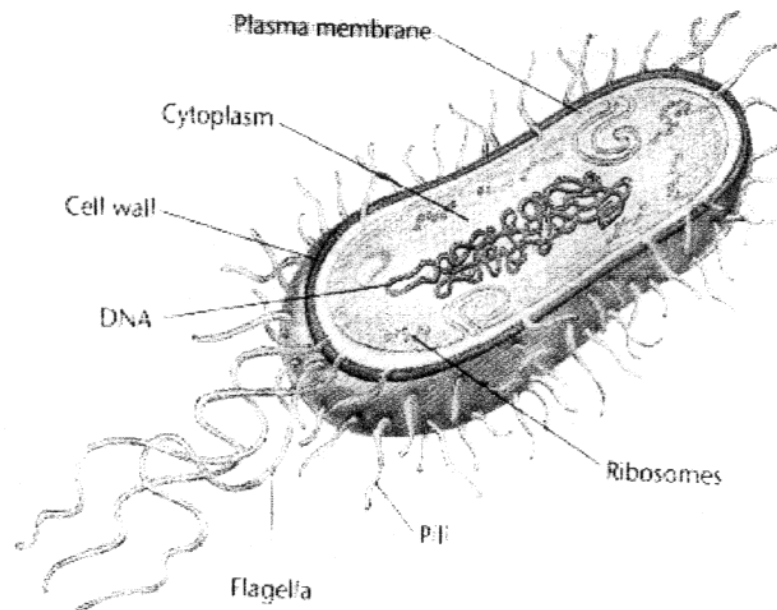
2.3.1.1 แบคทีเรีย (Bacteria)

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างแบบง่าย ๆ ดังภาพที่ 2.7 โดยเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กมาก ($1\ \mu\text{m}$) จนถึงขนาดใหญ่ ($100\ \mu\text{m}$) ดังแสดงในตารางที่ 2.2 รวมทั้งมีรูปร่างหลากหลาย เช่น มีรูปร่างกลม ท่อน หรือเกลียว

สามารถแบ่งโครงสร้างแบคทีเรียได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. โครงสร้างส่วนนอกนับจากผนังเซลล์ (Cell Wall) คือ Capsule, Slime Layer, Flagella, Pili และ Axial Filament

2. โครงสร้างตั้งแต่ผนังเซลล์จนถึงโครงสร้างส่วนในเซลล์ คือ ผนังเซลล์เมมเบรน ไวโบโซม ไรโบพลาสซึม มีโทโซม นิวคลีออยด์ เอนโดสปอร์ และซีสต์



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของเซลล์แบคทีเรีย

แหล่งที่มา: Madigan M., Martinko T., and Parker J., 2003: 6.

ตารางที่ 2.2 ขนาดของแบคทีเรีย

ชนิดของแบคทีเรีย	ขนาด (μm)
<i>E. coli</i> หรือ <i>Pseudomonas</i> spp.	1 – 2
<i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> , <i>Mycoplasma</i> spp.	0.3
ไซยาโนแบคทีเรียหรือสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว	5 – 50
แบคทีเรียที่มีเส้นสาย	100 หรือมากกว่า

แหล่งที่มา: สุบัณฑิต นิมรัตน์, 2548: 3.

ส่วนประกอบของแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบบำบัดน้ำเสีย มี 2 ส่วนประกอบ คือ

1. Slime Layer หรือ Exopolysaccharide (EPS) หรือ Glycocalyx หรือ Extracellular Polymers (ECP) ซึ่งจะเรียกย่อ ๆ ว่า EPS โดย EPS เป็นสารโพลิเมอร์ขนาดใหญ่ที่

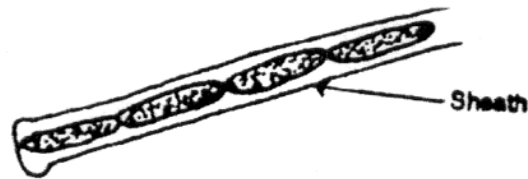
ประกอบด้วยโปรตีน กรดฮิวมิก กรดยูโรนิก ไนโตรเจน และโพลีแซ็กคาไรด์เป็นสารประกอบส่วนใหญ่ และประกอบด้วยไขมัน คีโเลน และกรดนิวคลีอิกปริมาณเล็กน้อย สาร EPS เป็นสารที่อยู่ล้อมรอบเซลล์แบคทีเรีย โดยสาร EPS สามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ (1) ชนิดที่เกาะติดแน่นกับตัวเซลล์จุลินทรีย์ (Tightly Bound EPS) และ (2) ชนิดที่หลุดง่าย (Loosely Bound EPS) นอกจากนั้น EPS ยังเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของฟลอคในระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง มีผลกระทบต่อการทำงานของกากตะกอน (Sedimentation) และการเกิดฟลอคของจุลินทรีย์ (Sludge Flocculation) ในระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) และในระบบ Sequencing Batch Reactor (SBR) แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาโดย Leung et al. พบว่าถ้ามี Loosely Bound EPS มากเกินไปอาจจะมีผลต่อการเกิดฟลอคในระบบตะกอนเร่งน้อยลง เนื่องจาก EPS ที่มากเกินไปจะลดประสิทธิภาพของการเกาะกันของเซลล์ (Cell Attachment) และทำให้โครงสร้างของฟลอคเสียไปนั่นเอง นอกจากนั้น EPS ทั้ง 2 ชนิดยังพบในกากตะกอนและมีส่วนที่ช่วยในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ รวมทั้งโลหะหนักโดย EPS ช่วยในการดูดซับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย

2. พลาสมิด (Plasmid) หรือสารพันธุกรรมที่สำคัญที่มีส่วนที่ผลิตเอนไซม์ในการย่อยสลายของเสียในน้ำเสีย และเป็นส่วนพันธุกรรมที่สามารถส่งผ่านจากแบคทีเรียชนิดหนึ่งไปให้แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียอื่นได้ทำให้แบคทีเรียในระบบบำบัดนั้น ๆ มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้ดียิ่งขึ้น

โดยแบคทีเรียที่มีลักษณะพิเศษ (Unusual Types of Bacteria) สามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ ดังนี้

1) แบคทีเรียที่มีปลอกหุ้ม (Sheathed Bacteria)

แบคทีเรียที่มีปลอกหุ้ม (Sheathed Bacteria) คือ แบคทีเรียที่มีกลุ่มลักษณะเรลต์ด็อกัน (Filamentous Microorganisms) และมีปลอกห่อหุ้ม (Sheath) โดยมักจะพบแบคทีเรียกลุ่มนี้ได้在水เสียหรือน้ำไม่สะอาด (Wastewater or Polluted Water) ยกตัวอย่างเช่น *Sphaerotilus natans* (ภาพที่ 2.8) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดสลัดจ์บัค (Bulking) หรือกระบวนการลอยตัวของจุลินทรีย์ในระบบตะกอนเร่งซึ่งเป็นการทำให้ระบบบำบัดดังกล่าวเกิดความล้มเหลว นอกจากนั้นกลุ่มแบคทีเรียที่มีปลอกหุ้ม ได้แก่ แบคทีเรียชนิด *Leptothrix* spp. และ *Grenothrix* spp.

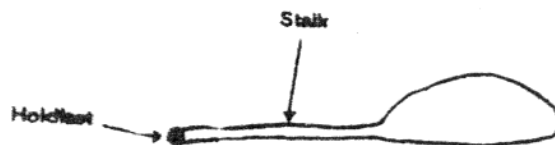


ภาพที่ 2.8 ลักษณะแบคทีเรียที่มีปลอกหุ้ม

แหล่งที่มา: Bilton, 1994 อ้างถึงใน สุบัญญัติ นิมรัตน์, 2548: 5.

2) แบคทีเรียที่มีส่วนก้าน (Stalked Bacteria)

แบคทีเรียที่มีส่วนก้าน (Stalked Bacteria) คือ แบคทีเรียที่มีลักษณะไม่เหมือนแบคทีเรียทั่ว ๆ ไปจะประกอบด้วยส่วนก้าน (Stalk) ของแบคทีเรียและส่วนที่เกาะติดผิว (Holdfast) ที่ช่วยในการเกาะติดกับผิวในสิ่งแวดล้อม ดังแสดงให้เห็นได้ในรูปร่างของแบคทีเรียชนิด *Caulobacter* spp. (ภาพที่ 2.9) มักจะเป็นแบคทีเรียกลุ่มที่พบได้ในน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ

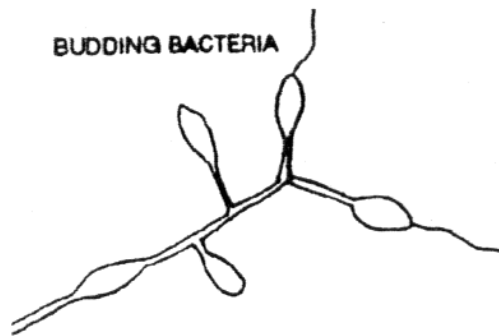


ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของ *Caulobacter* spp.

แหล่งที่มา: Bilton, 1994 อ้างถึงใน สุบัญญัติ นิมรัตน์, 2548: 5.

3) แบคทีเรียที่แตกหน่อ (Budding Bacteria)

แบคทีเรียที่แตกหน่อ (Budding Bacteria) คือ แบคทีเรียที่มีการขยายพันธุ์โดยการแตกหน่อ (Budding) คล้ายกับยีสต์ (ภาพที่ 2.10) ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียชนิด *Hyphomicrobium valgarum* ที่มักพบได้ในดินและน้ำ และชนิด *Rhodomicrobium* spp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียกลุ่มที่สังเคราะห์แสงได้หรือเรียกว่า แบคทีเรียชนิดโฟโตโทร

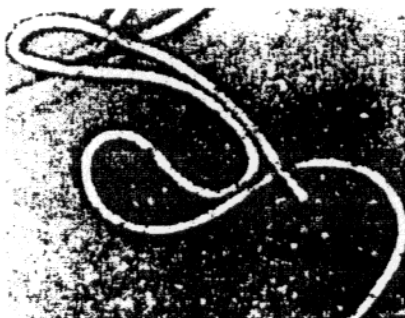


ภาพที่ 2.10 แบคทีเรียที่แตกหน่อ

แหล่งที่มา: Bilton, 1994 อ้างถึงใน สุบัญญัติ นิมรัตน์, 2548: 6.

4) แบคทีเรียที่ลื่นไถล (Gliding Bacteria)

แบคทีเรียที่ลื่นไถล (Gliding Bacteria) คือ แบคทีเรียที่มีกลุ่มลักษณะเซลล์ต่อกัน (Filamentous Microorganisms) และเคลื่อนที่แบบลื่นไถล (Gliding) ซึ่งมักจะเป็นแบคทีเรียแกรมลบ แบคทีเรียกลุ่มนี้มีลักษณะที่คล้ายไฮยาโนแบคทีเรีย แต่แบคทีเรียกลุ่มนี้จะไม่มีการสังเคราะห์แสงของแบคทีเรียกลุ่มที่ลื่นไถล เช่น *Beggiatoa* spp. (ภาพที่ 2.11 (ก)) และ *Thiothrix* spp. (ภาพที่ 2.11 (ข)) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบตะกอนแร่และมีคุณสมบัติในการเปลี่ยนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นเมตซัลเฟอร์โดยมักจะสะสมเมตซัลเฟอร์ในตัวเซลล์



(ก) *Beggiatoa* spp.



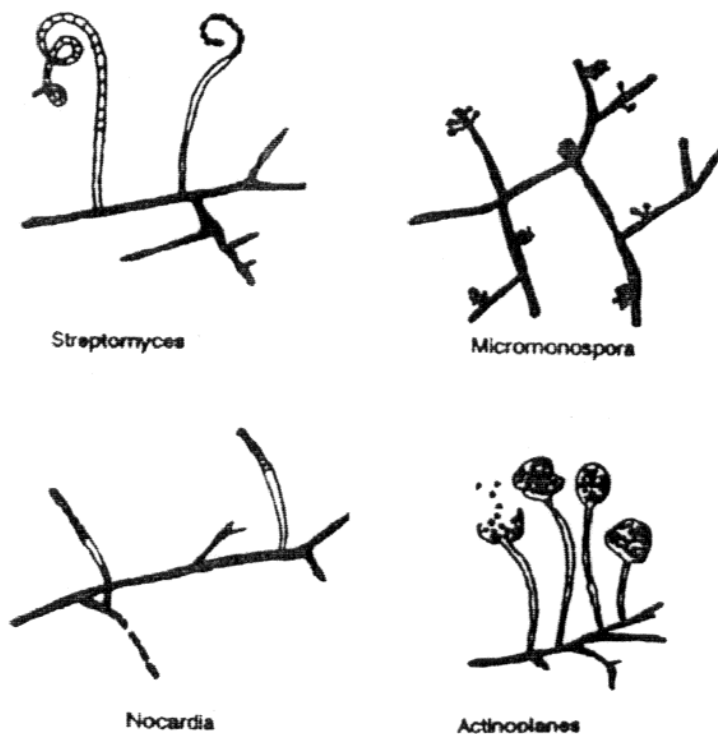
(ข) *Thiothrix* spp.

ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างของแบคทีเรียกลุ่มที่ลื่นไถล

แหล่งที่มา: Bilton, 1994 อ้างถึงใน สุบัญญัติ นิมรัตน์, 2548: 6.

5) แบคทีเรียกลุ่มแอกติโนมัยซีท (Actinomycete)

แบคทีเรียกลุ่มแอกติโนมัยซีท (Actinomycete) คือ แบคทีเรียแกรมบวก ที่มีลักษณะคล้ายเชื้อรา คือ มีรูปร่างเป็นเส้นสายแต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าเชื้อรา คือ ประมาณ 1 ไมโครเมตร สามารถสร้างสปอร์ได้ (ภาพที่ 2.12) และมักจะพบได้ในน้ำทั่วไป น้ำเสีย และดิน มีความสามารถในการย่อยสลายสารกลุ่มโพลีแซ็กคาไรด์ เช่น แป้ง เซลลูโลส สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน และลิกนิน เชื้อในกลุ่มนี้ที่มักจะพบได้บ่อยในสิ่งแวดล้อม คือ *Streptomyces* spp. และ *Nocardia* spp. นอกจากนั้นพบว่า *Nocardia* spp. เป็นเชื้อที่พบได้ในระบบบำบัดน้ำเสีย แบบตะกอนเร่ง และมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารปนเปื้อนชนิดต่าง ๆ แต่ก็พบว่า *Nocardia* spp. เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดฟอง (Foaming) ในระบบตะกอนเร่งเช่นกัน

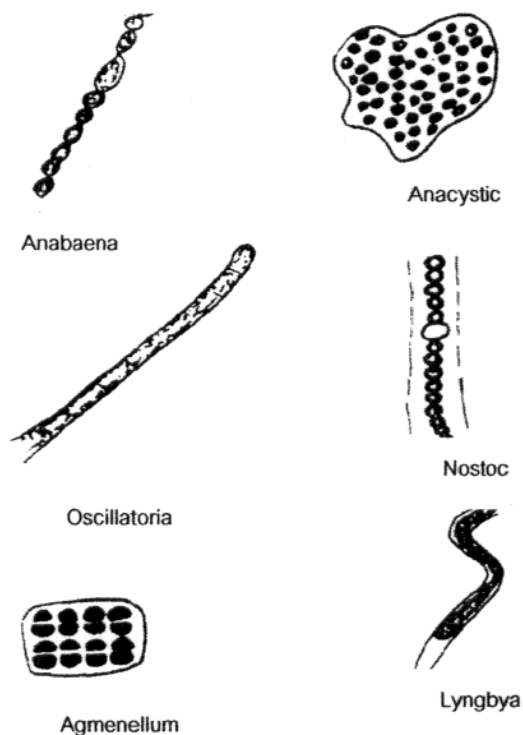


ภาพที่ 2.12 แบคทีเรียกลุ่มแอกติโนมัยซีท

แหล่งที่มา: Bilton, 1994 อ้างถึงใน สุบัณฑิต นิมรต์น, 2548: 7.

6) สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวหรือไซยาโนแบคทีเรีย (Blue – green Algae or Cyanobacteria)

สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวหรือไซยาโนแบคทีเรีย (Blue – green Algae or Cyanobacteria) คือ กลุ่มสาหร่ายชนิดที่มีคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll a) และไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) (ภาพที่ 2.13) ทำให้สาหร่ายกลุ่มนี้จัดอยู่ในกลุ่มโปรแคริโอตเหมือนแบคทีเรียทั่วไป และไม่ได้จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับสาหร่ายชนิดอื่น เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสังเคราะห์แสงโดยอยู่กันเป็นเส้นสายหรืออยู่แบบเดี่ยว ซึ่งมักพบว่าเป็นสาเหตุของการเกิดการเจริญของสาหร่ายที่รวดเร็ว (Algae Bloom) ในทะเลสาบและแหล่งน้ำต่าง ๆ ตัวอย่างของไซยาโนแบคทีเรีย คือ *Microcystis* spp., *Spirulina* spp., *Chroococcus* spp. และ *Oscillatoria* spp.



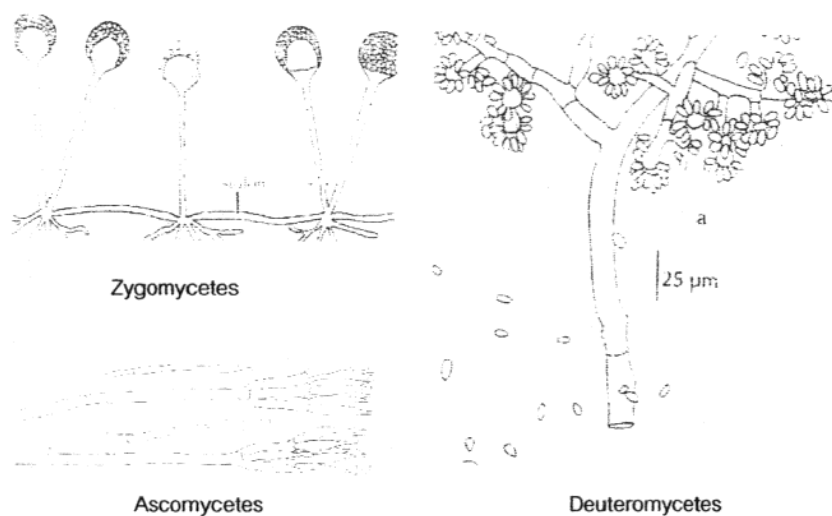
ภาพที่ 2.13 ไซยาโนแบคทีเรียบางชนิด

แหล่งที่มา: Bilton, 1994 อ้างถึงใน สุบัญญัติ นิมรัตน์, 2548: 8.

2.3.1.2 เชื้อรา (Fungi)

เชื้อรา (Fungi) คือ จุลินทรีย์กลุ่มยูแคริโอตที่ใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งของคาร์บอนและพลังงาน และทำหน้าที่ย่อยสลายสารอาหารในดินและแหล่งน้ำ เชื้อราสามารถเจริญได้ดีในสภาพที่เป็นกรดหรือ pH ประมาณ 5.0 เชื้อราประกอบด้วย 3 กลุ่มใหญ่ ๆ (ภาพที่ 2.14) คือ

- 1) กลุ่มราที่มีเส้นใยไฮฟา (Hyphae) เรียกว่า Mold ถ้าเส้นใยไฮฟารวมกันจะเรียกว่า ไมซีเลียม (Mycelium) หรือกลุ่มใยรา
 - 2) กลุ่มยีสต์ (Yeast) หรือเชื้อที่มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวและมีโคโลนีคล้ายกับโคโลนีของแบคทีเรียแต่มีขนาดใหญ่กว่า
 - 3) กลุ่มเห็ดหรือเชื้อราขนาดใหญ่ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า
- กลุ่มเชื้อราทั้ง 3 ชนิดนี้ มีเพียงบางกลุ่มที่มักจะทำให้เกิดปัญหาในระบบบำบัดน้ำเสีย คือ กลุ่มเชื้อราที่เป็นเส้นใยที่ทำให้เกิดสลัดจ์จืดในระบบตะกอนเร่ง



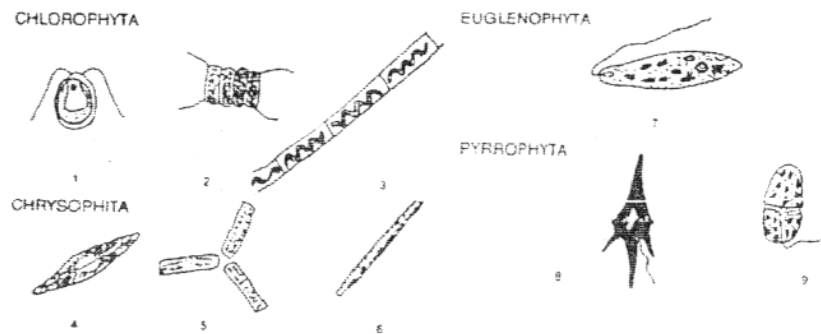
ภาพที่ 2.14 เชื้อรากกลุ่มต่าง ๆ

แหล่งที่มา: Samson et al., 2002 อ้างถึงใน สุบัณฑิต นิมรัตน์, 2548: 9.

2.3.1.3 สาหร่าย

กลุ่มสาหร่ายที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสีย คือ กลุ่มแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) ซึ่งเป็นสาหร่ายที่อาศัยอยู่ในน้ำและมีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวลอยอยู่บนน้ำ

สาหร่ายกลุ่มนี้มีบทบาทที่สำคัญในน้ำโดยทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตขั้นต้น (Primary Producer) ในแหล่งน้ำ รวมทั้งในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝิ่งซึ่งเป็นระบบเปิดและมีแสงส่องถึง ดังนั้น สาหร่ายจึงสามารถเจริญในระบบบำบัดนี้ได้ ตัวอย่างของสาหร่ายเหล่านี้แสดงในภาพที่ 2.15



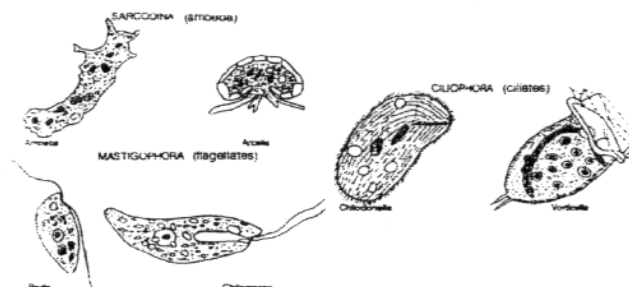
ภาพที่ 2.15 สาหร่ายบางชนิดที่พบได้ในน้ำและน้ำเสีย

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| (1) <i>Chlamydomonas</i> spp. | (2) <i>Scenedesmus</i> spp. | (3) <i>Spyrogira</i> spp. |
| (4) <i>Novicula</i> spp. | (5) <i>Tabellaria</i> spp. | (6) <i>Synedra</i> spp. |
| (7) <i>Euglena</i> spp. | (8) <i>Ceratium</i> spp. | (9) <i>Gymnium</i> spp. |

แหล่งที่มา: Bilton, 1994 อ้างถึงใน สุบัญญัติ นิมิตรณ์, 2548: 10.

2.3.1.4 โปรโตซัว

โปรโตซัว คือ สิ่งมีชีวิตอีกกลุ่มหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง โดยทำหน้าที่เก็บกินแบคทีเรียส่วนเกินในระบบบำบัดน้ำเสีย ตัวอย่างในภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 โปรโตซัวบางชนิดที่พบได้ในน้ำและน้ำเสีย

แหล่งที่มา: Bilton, 1994 อ้างถึงใน สุบัญญัติ นิมิตรณ์, 2548: 11.

จากที่กล่าวมาแล้วพบว่าในกลุ่มของจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยจะมีหน้าที่ย่อยสลายสารปนเปื้อนในน้ำเสีย ส่วนเชื้อราจะไม่มีบทบาทในการช่วยย่อยสลายสารปนเปื้อนแต่จะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดปัญหาในระบบบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะในระบบตะกอนเร่ง ส่วนโปรโตซัวจะเป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในระบบบำบัดน้ำเสียอีกชนิดหนึ่งในด้านการควบคุมปริมาณของแบคทีเรียให้มีปริมาณที่เหมาะสม ส่วนสาหร่ายจะมีบทบาทสำคัญในระบบบำบัดแบบที่มีแสงส่องถึง เช่น บ่อผึ่ง และระบบตะกอนเร่งชนิดคลองวนเวียน

2.3.2 ความสำคัญของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กมากนั้นแต่ละเซลล์จะมีกระบวนการต่าง ๆ ของชีวิตเกิดขึ้นได้ภายในเซลล์เดียว กระบวนการเปลี่ยนแปลงนี้ส่วนใหญ่ก็เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ตัวมันเอง เช่น ยีสต์ มีการเปลี่ยนแปลงอาหารให้เป็นพลังงานด้วยกระบวนการหมัก (Fermentation) ขณะเดียวกันก็ได้ผลผลิตเกิดขึ้น คือ เอทิลแอลกอฮอล์ที่เรานำไปใช้ประโยชน์ได้ มีจุลินทรีย์จำนวนมากที่มีความสำคัญในการผลิตสารต่าง ๆ ที่มีประโยชน์และช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (สุมนทก พรหมบุญ และคณะ, 2549)

2.3.2.1 การผลิตอาหาร

อาหารและเครื่องดื่มหลายชนิดที่เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ ซึ่งมนุษย์เราได้ใช้ประโยชน์มาเป็นเวลานานแล้ว อาหารที่เกิดจากการหมักของจุลินทรีย์ เรียกว่า อาหารหมัก (Fermented Food) เช่น กะหล่ำปลีดอง แดงกวาดอง ไข่กรอก เกิดจากการกระทำของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก เป็นส่วนใหญ่ แบคทีเรียเหล่านี้อาจมีอยู่ตามธรรมชาติบนอาหารหรือเราตั้งใจใส่เชื้อนั้นลงในอาหาร

2.3.2.2 การผลิตเชื้อเพลิง

การเกิดเชื้อเพลิงธรรมชาติในรูปถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติต้องใช้เวลานับล้าน ๆ ปี โดยเกิดจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์ที่ตายรวมกันเป็นตะกอน โดยอาศัยอุณหภูมิสูงและแรงกดดัน รวมทั้งการกระทำของจุลินทรีย์ เชื้อเพลิงซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติชนิดสิ้นเปลืองกำลังลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่โลกมีความต้องการพลังงานจากเชื้อเพลิงมากขึ้น จึงอาจเกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ทั่วโลกจึงหันมาสนใจหาแหล่งพลังงานทดแทน ซึ่งมีหลายแบบ แบบหนึ่ง คือ การผลิตเชื้อเพลิงโดยอาศัยจุลินทรีย์ เชื้อเพลิงชนิดนี้ ได้แก่ แอลกอฮอล์ และมีเทน

จุลินทรีย์จำพวกยีสต์ สามารถเกิดกระบวนการหมักสารคาร์โบไฮเดรตให้ได้ แอลกอฮอล์ เพื่อให้ทำเครื่องดื่ม ดังได้กล่าวแล้ว นอกจากนี้แอลกอฮอล์ยังใช้เป็นตัวทำละลายที่ดี ด้วยและยังสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ โดยการผสมแอลกอฮอล์ประมาณร้อยละ 10 – 15 กับ น้ำมัน ที่เรียกว่า ก๊าซโซฮอล (Gasohol)

พลังงานอีกชนิดหนึ่งได้จากการชีวภาพ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ที่ได้จากการหมักมูลสัตว์และของเสียจากสัตว์ โดยรวบรวมของเสียเหล่านี้ใส่ในถังหมักที่มีเชื้อจุลินทรีย์ อยู่ ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่ไม่มีอากาศ จุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ในของเสียไปและเกิดก๊าซมีเทน ขึ้น ก๊าซนี้นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการปรุงอาหารและกระบวนการอื่น ๆ ที่ต้องการใช้ความร้อน ของเหลือจากถังหมัก เมื่อสะสมมาก ๆ ยังนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ ปัจจุบันครอบคลุมตามชนบทมีการทำ เชื้อเพลิงแบบนี้ใช้เอง

2.3.2.3 การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งวิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพเป็นการบำบัดขั้นต้น เพื่อกำจัดสารแขวนลอยขนาดใหญ่ออก ด้วยการตกตะกอน แยกด้วยตะแกรงแยกขยะ การกรอง การหมุนเหวี่ยง เป็นต้น ส่วนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี เช่น การออกซิเดชัน รีดักชัน โดยการเติมสารเคมีไปทำปฏิกิริยาลดหรือเพิ่ม ออกซิเจนให้กับสารที่ต้องการกำจัด เพื่อให้เปลี่ยนเป็นสารประกอบรูปอื่นที่ไม่เป็นพิษ แล้วจึง ตกตะกอนแยกออกไป วิธีนี้มักใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนน้ำทิ้งจากบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารอินทรีย์มาก เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานน้ำตาล โรงงานเบียร์ ต้องใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยอาศัยจุลินทรีย์ที่เติมให้หรือจุลินทรีย์ในธรรมชาติ มาย่อยสลายสารอินทรีย์ การบำบัดน้ำเสียแบบนี้มีหลายระบบ เช่น ระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ (Activated Sludge Process) เป็นระบบที่ให้อากาศแก่น้ำเสียโดยการกวนน้ำแรง ๆ หรือทำให้น้ำ เคลื่อนไหวเพื่อรับอากาศและให้จุลินทรีย์ทำการย่อยสารอินทรีย์ ซึ่งเมื่อถูกย่อยแล้วมีลักษณะเป็น คอลลอยด์ เรียกว่า ฟล็อก (Floc) และมีจุลินทรีย์อยู่มาก ฟล็อกนี้จะทิ้งให้ตกตะกอนเพื่อนำไป บำบัดต่อไป โดยการย่อยในสภาพไร้อากาศ (Anaerobic Sludge Digestion) หรืออาจนำไปเติม ให้น้ำเสียที่ไหลเข้ามาใหม่ ๆ พร้อมทั้งกวนแรง ๆ จะทำให้เกิดฟล็อกได้เร็วขึ้น ฟล็อกที่ตกตะกอน แล้ว เรียกว่า แอกติเวเตดสลัดจ์ (Activated Sludge) ซึ่งมีจุลินทรีย์จำนวนมาก เช่น ยีสต์ รา โปรโตซัว และแบคทีเรีย วิธีนี้ใช้กันมาก หลังจากทิ้งให้จุลินทรีย์ย่อยสารอินทรีย์แล้วจึงส่งน้ำไปยัง ถังตกตะกอน น้ำที่ปล่อยทิ้งจะมีค่า BOD ลดลงมาก

อีกระบบหนึ่ง เรียกว่า Trickling Filter อาศัยหลักการกรองโดยปล่อยให้ น้ำเสีย ไหลลงมาตามชั้นหิน กรวด หรือวัสดุสังเคราะห์ชั้นเล็ก ๆ ที่เรียงซ้อนกันเป็นแผ่น โดยอาจพ่นน้ำเสีย ให้เป็นฝอยขึ้นไปในอากาศก่อนเพื่อรับออกซิเจน ที่ชั้นหินจะมีจุลินทรีย์เคลือบติดอยู่เป็นฟิล์ม บาง ๆ ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรีย รา โปรโตซัว และสาหร่าย เมื่อน้ำเสียไหลผ่านชั้นหินที่มีจุลินทรีย์ สารอินทรีย์จากน้ำเสียจึงเป็นอาหารให้จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายจนได้สารที่มีโมเลกุลเล็กลงและ สามารถปล่อยทิ้งได้ โดยไม่เกิดการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์พวกอื่นอีก

ระบบที่พึ่งพาธรรมชาติมากที่สุด คือ ระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) ซึ่งต้องให้ พื้นที่ผิวมากและใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติทำการย่อยสารอินทรีย์เอง โดยใช้ออกซิเจนจากธรรมชาติ หรือได้จากสาหร่ายที่ขึ้นอยู่ทำการสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับแบคทีเรียนำไปใช้ ส่วนสาหร่ายที่ขึ้นอยู่ถ้าเจริญมาก ๆ ยังนำไปทำปุ๋ย หรือนำไปเลี้ยงสัตว์ได้

2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์

ปัจจัยสำคัญทางสิ่งแวดล้อมหลายประเภทมีผลต่ออัตราเร็วและขอบเขตของการฟื้นฟู สภาพสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ ได้แก่ (กรประภา เครือวัลย์, 2543 อ้างถึงใน ณัฐพล เอี่ยมอ้น, 2549: 34)

2.3.3.1 ความเป็นกรด – ด่าง จุลินทรีย์ส่วนมากเจริญเติบโตได้ดีในช่วงความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 6.5 – 7.5 ในบางกรณีจึงต้องมีการปรับค่าความเป็นกรด – ด่างของดิน หรือน้ำในบริเวณที่มีการปนเปื้อนอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจะมี ผลต่อการย่อยสลายสารมลพิษด้วย

2.3.3.2 อุณหภูมิ อัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายโดยอาศัยเอนไซม์จาก จุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 20 – 40 องศาเซลเซียส อัตราเร็ว ของปฏิกิริยาในเซลล์จุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นสองเท่าทุก ๆ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส แต่ อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาลดลง อันมีผลต่อการย่อยสลายที่ต้องใช้ เวลานานขึ้น

2.3.3.3 สารอาหาร การย่อยสลายสารมลพิษอาจต้องมีการเติมสารอาหาร บางอย่างลงไปให้จุลินทรีย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด ประเภท และปริมาณของสารมลพิษ เช่น การเติม ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพื่อเพิ่มอัตราเร็วของการย่อยสลายสารประกอบปิโตรเลียม

2.3.3.4 ปริมาณออกซิเจน กระบวนการย่อยสลายมลพิษสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งใน สภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน โดยทั่วไป พบว่า สารมลพิษที่มีหมู่คลอรีนมาก จะเหมาะสมกับการ

ย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนสารมลพิษที่มีหมู่คลอรีนน้อย จะถูกย่อยสลายได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน การย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ของสารมลพิษบางชนิด ต้องอาศัยทั้งกระบวนการที่ใช้ ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนร่วมกัน เช่น การย่อยสลายสารปราบวัชพืช 2, 3, 6 ไตรคลอโรเบนโซเอท จะเกิดขึ้นโดยกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจนก่อน และจากนั้นผลผลิตที่เกิดขึ้นจะถูกย่อยสลาย ต่อในกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งผลผลิตสุดท้ายที่ได้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

2.3.3.5 สภาพหรือรูปแบบของสารมลพิษที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สารมลพิษส่วนใหญ่อยู่ในสภาพที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยมาก และสารมลพิษมักจะยึดติดกับสารอื่น ๆ เช่น อนุภาคดิน ตะกอน หรือกรดฮิวมิก ทำให้สารมลพิษอยู่ในรูปหรือสภาพที่ จุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการนำสารลดแรงตึงผิวมาใช้ เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการละลายน้ำของสารมลพิษต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้สารมลพิษอยู่ในรูปที่ จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้การใช้ตัวทำละลายก็เป็นวิธีการช่วยเพิ่มอัตราการย่อยสลายสารมลพิษอีกทางหนึ่งด้วย โดยตัวทำละลายจะช่วยชะสารมลพิษที่ยึดติดอยู่กับสารหรืออนุภาคต่าง ๆ ให้หลุดออกมาในสภาพที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้

2.3.3.6 สารร่วมในกระบวนการย่อยสลาย สารมลพิษบางชนิด เช่น ไตรคลอโรเอเททิลีน (Trichloroethylene) ทำหน้าที่เป็นสารร่วมกระบวนการเผาผลาญอาหารเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน (Metabolism) แบบรวม ซึ่งในกระบวนการนี้เอนไซม์จะทำปฏิกิริยากับสารที่ใช้ในการเจริญเติบโตได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น จุลินทรีย์ใช้ก๊าซมีเทนในการเจริญเติบโตสามารถย่อยสลายสารไตรคลอโรเอเททิลีนได้

2.3.3.7 การแสดงออกของยีน ความสามารถในการย่อยสลายสารมลพิษของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ซึ่งใช้ในกระบวนการย่อยสลาย ในบางกรณีที่มีความเข้มข้นของสารมลพิษต่ำเกินไป ทำให้ไม่สามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนได้ จึงต้องมีการเติมตัวเหนี่ยวนำการแสดงออกของยีนลงไป เพื่อให้ยีนที่เกี่ยวข้องถูกแปรรหัสเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารมลพิษได้

2.3.4 น้ำสกัดชีวภาพและจุลินทรีย์ EM (Effective Microorganism)

2.3.4.1 ความหมายของน้ำสกัดชีวภาพ

น้ำสกัดชีวภาพ เป็นน้ำสกัดที่ได้จากการย่อยสลายเศษวัสดุเหลือใช้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชหรือสัตว์ โดยผ่านกระบวนการหมักในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic Condition) มีจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลายเศษซากพืชและซากสัตว์เหล่านั้นให้กลายเป็น

สารละลาย รวมถึงการใช้เอนไซม์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือมีการเติมเอนไซม์เพื่อเร่งการย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

จุลินทรีย์ที่พบในน้ำสกัดชีวภาพ มีทั้งที่ต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการออกซิเจน มักเป็นกลุ่มแบคทีเรีย *Bacillus* spp., *Lactobacillus* spp., *Streptococcus* spp. นอกจากนี้ยังอาจพบเชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus niger* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp. และยีสต์ ได้แก่ *Candida* spp. (สุริยา สาธนรักกิจ, 2542: 5)

2.3.4.2 วิธีการทำน้ำสกัดชีวภาพของมูลนิริศกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

การทำน้ำสกัดชีวภาพของมูลนิริศกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง มีสูตรการทำดังนี้

- สมุนไพร	3	กิโลกรัม
- กากน้ำตาล	1	กิโลกรัม
- ตัวเร่ง (หัวเชื้อ)	1	ลิตร
- น้ำสะอาด	10	ลิตร

วิธีทำ

- 1) นำสมุนไพร 3 กก. ใส่ลงในถังพลาสติก
- 2) ผสมน้ำกับกากน้ำตาลให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
- 3) เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์เข้มข้นผสมในน้ำและกากน้ำตาล
- 4) เททับลงในถังที่ใส่สมุนไพรให้ทั่ว
- 5) ปิดฝาให้สนิท (ไม่ให้แสงและอากาศเข้าได้)
- 6) บ่มทิ้งไว้ประมาณ 90 วัน จะได้น้ำสกัดชีวภาพคุณภาพดี

โดยทางมูลนิริศกรรมธรรมชาติมาบเอื้องได้แบ่งสมุนไพรออกเป็น 7 รส ซึ่งแต่ละรสของสมุนไพรนั้นมีสรรพคุณในการทำงานแตกต่างกัน คือ

1) รสจืด มีสรรพคุณในการบำรุงดิน ลำียงพืช บำบัดน้ำเสีย เช่น ผักตบชวา ผักบุ้ง

2) รสขม มีสรรพคุณในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ป้องกันแมลง เช่น บอระเพ็ด ฟักลายใจ

3) รสฝาด มีสรรพคุณแก้เชื้อราโรคพืช เช่น เปลือกแค หมาก มังคุด ฝรั่ง

4) รสเมาเบื่อ มีสรรพคุณไล่แมลง ฆ่าหนอนเพลี้ย เช่น กลอย ยาเส้น

5) รสหอมระเหย มีสรรพคุณไล่แมลง เปลี่ยนกลิ่นดินพืช เช่น ตะไคร้

6) รสเปรี้ยว มีสรรพคุณไล่แมลง ทำน้ำยาล้างจาน เช่น มะนาว มะกรูด

7) รสเผ็ด มีสรรพคุณฆ่าแมลง เช่น พริก กระเทียม พริกไท

ซึ่งในการทำน้ำสกัดชีวภาพของทางมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้องนั้น ได้ใช้สมุนไพรสด คือ ผักบุ้ง และผักตบชวา นอกจากนี้ยังนำเศษอาหารที่เหลือมามัก่วมด้วย

2.3.4.3 ความหมายของกลุ่มจุลินทรีย์ EM

EM ย่อมาจาก Effective Microorganisms หมายถึง กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่ง ศาสตราจารย์ ดร. เทรูโอะ ฮิงะ นักวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญสาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยวิทว เมืองโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น ได้ศึกษาแนวคิดเรื่อง "ดินมีชีวิต" ของท่านโมกิจิ โอะกะตะ (พ.ศ. 2425 – 2498) บิดาเกษตรธรรมชาติของโลก จากนั้น ดร. ฮิงะ เริ่มค้นคว้าทดลอง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 และค้นพบ EM เมื่อ พ.ศ. 2526 ท่านอุทิศทุ่มเททำการวิจัยผลว่ากลุ่มจุลินทรีย์นี้ใช้ได้ผลจริง หลังจากนั้นศาสตราจารย์วาคุยามิ ได้นำมาเผยแพร่ในประเทศไทย โดยท่านเป็นประธานมูลนิธิบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนา หรือคิวงเซ (คิวงเซ แปลว่า ช่วยเหลือโลก) ปัจจุบันตั้งอยู่ที่ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี (ชีววิถี, 2549)

จากการค้นคว้าพบความจริงเกี่ยวกับจุลินทรีย์ว่ามี 3 กลุ่ม คือ

- 1) กลุ่มสร้างสรรค์ เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณภาพ มีประมาณร้อยละ 10
- 2) กลุ่มทำลาย เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ ทำให้เกิดโรค มีประมาณร้อยละ 10
- 3) กลุ่มเป็นกลาง มีประมาณร้อยละ 80 จุลินทรีย์กลุ่มนี้หากกลุ่มใดมีจำนวน

มากกว่ากลุ่มนี้จะสนับสนุนหรือร่วมด้วย

ดังนั้น การเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณภาพลงในดิน ก็เพื่อให้กลุ่มสร้างสรรค์มีจำนวนมากกว่า ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้กลับมีพลังขึ้นมาอีกหลังจากที่ถูกทำลายด้วยสารเคมีจนดินตายไป

จุลินทรีย์มี 2 ประเภท

- 1) ประเภทต้องการอากาศ (Aerobic Bacteria)
- 2) ประเภทไม่ต้องการอากาศ (Anaerobic Bacteria)

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

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกเชื้อราที่มีเส้นใย (Filamentous Fungi) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการย่อยสลาย สามารถทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน มีคุณสมบัติด้านทานความร้อนได้ดี ปกติใช้เป็นหัวเชื้อผลิตเห็ด ผลิตรายหมัก เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Microorganisms) ทำหน้าที่สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้แก่ดิน เช่น ไนโตรเจน (N_2) กรดอะมิโน (Amino Acids) น้ำตาล (Sugar) วิตามิน (Vitamins) ฮอโมน (Hormones) และอื่น ๆ เพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้แก่ดิน

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก (Zynogumic or Fermented Microorganisms) ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้ดินต้านทานโรค (Diseases Resistant) เป็นต้น ช่วยส่งเสริมการย่อยสลายได้ดี ช่วยลดการพังทลายของดิน ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชบางชนิดของพืชและสัตว์ สามารถบำบัดมลพิษในน้ำเสียที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต่าง ๆ ได้

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixing Microorganisms) มีทั้งพวกที่เป็นสาหร่าย (Algae) และพวกแบคทีเรีย (Bacteria) ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเพื่อให้ดินผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต เช่น โปรตีน (Protein) กรดอินทรีย์ (Organic Acids) กรดไขมัน (Fatty Acids) แป้ง (Starch or Carbohydrates) ฮอโมน (Hormones) วิตามิน (Vitamins) เป็นต้น

กลุ่มที่ 5 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกสร้างกรดแลคติก (Lactic Acids) มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อราและแบคทีเรียที่เป็นพิษ ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศหายใจ ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพดินเน่าเปื่อย หรือดินก่อโรคให้เป็นดินที่ต้านทานโรค ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชที่มีจำนวนนับแสน หรือให้หมดไป นอกจากนี้ยังช่วยย่อยสลายเปลือกเมล็ดพันธุ์พืช ช่วยให้เมล็ดงอกได้ดีและแข็งแรงกว่าปกติอีกด้วย

2.3.4.4 การทำงานของจุลินทรีย์ EM

จุลินทรีย์ EM (Effective Microorganisms) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ไม่ใช่สารเคมี เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ให้ประโยชน์กับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดทั้งพืชและสัตว์ มีคุณสมบัติในการย่อยสลายได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง การย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ โดยทั่วไปมีจุลินทรีย์ 2 ชนิดในธรรมชาติที่เข้าไปย่อยสลาย คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ให้ประโยชน์หรือกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพหรือ EM นั่นเอง และกลุ่มจุลินทรีย์ที่ให้โทษ ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุทุกชนิดจากปฏิกิริยาย่อยสลายของมันจะก่อให้เกิดมลภาวะทั้งกลิ่นและของเสียต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ของเสียและกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ จึงเป็นผลงานของจุลินทรีย์กลุ่มนี้โดยตรง ซึ่งมีให้เห็นทุกหนทุก

แห่ง จุลินทรีย์กลุ่มนี้อยู่ได้ทั้งในสภาวะไร้อากาศและสภาวะที่มีอากาศ ส่วนจุลินทรีย์ที่ให้ประโยชน์ หรือ EM จะเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่อยู่ฝ่ายตรงกันข้าม การทำงานของจุลินทรีย์ EM คือ ทำหน้าที่เข้าไปย่อยสลายสิ่งสกปรกและของเสียต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่มีโทษทำให้ให้สมบูรณ์แบบ การย่อยสลายที่สมบูรณ์จะไม่เกิดมลภาวะของเสียและกลิ่นเน่าเหม็น EM คงสภาพได้ดีในสภาวะไร้อากาศ การนำ EM ไปใช้ย่อยสลายในแต่ละครั้งควรใช้ปริมาณจุลินทรีย์ EM ให้มากกว่าปริมาณจุลินทรีย์ที่มีโทษ เพื่อ EM จะได้เข้าไปควบคุมบทบาทในการย่อยสลายทั้งหมด ถ้าปริมาณจุลินทรีย์ EM มีน้อยกว่า อาจทำให้พ่ายแพ้จุลินทรีย์ที่มีโทษ นั่นหมายความว่า ไม่สามารถย่อยสลายของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกต่อไป ดังนั้น การใช้ EM ในแต่ละครั้งควรดูปริมาณของของเสียที่มีอยู่ว่ามีมากน้อยเพียงใด ของเสียเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องหรือไม่ ของเสียอยู่ ณ ที่ใด ต้องใช้ EM ให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นจึงจะได้ผลดีและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ควรเลือกเชื้อจุลินทรีย์ EM ที่แข็งแรงในการบำบัดแต่ละครั้ง ไม่ควรใช้ EM ที่เก่าเก็บนานจนเกินไป (ชีววิถี, 2549)

2.3.4.5 ประโยชน์ของจุลินทรีย์ EM (ชีววิถี, 2549)

1) ด้านการเกษตร

- (1) ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด – ด่างในดินและน้ำ
- (2) ช่วยแก้ปัญหาจากแมลงศัตรูพืช และโรคระบาดต่าง ๆ
- (3) ช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุดม น้ำ และให้อากาศผ่านได้อย่าง

เหมาะสม

(4) สลายอินทรีย์วัตถุให้เป็นอาหารแก่พืช พืชสามารถดูดซึมไปใช้ได้ โดยไม่ต้องใช้พลังงานมากเหมือนการให้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ช่วยเร่งปฏิบัติการดูดซึมอาหารของพืชได้เร็วขึ้น

(5) ช่วยให้ผลผลิตคงทน สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน มีประโยชน์ต่อการขนส่งไกล ๆ เช่น ส่งออกต่างประเทศ

2) ด้านปศุสัตว์

(1) ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากฟาร์มปศุสัตว์ ไก่ และสุกรได้ภายในเวลา 24 ชั่วโมง

(2) ช่วยกำจัดน้ำเสียจากฟาร์มได้ภายใน 1 – 2 สัปดาห์

(3) ช่วยป้องกันโรคอหิวาต์และโรคระบาดต่าง ๆ ในสัตว์แพนยา ปฏิชีวนะและอื่น ๆ ได้

(4) ช่วยกำจัดแมลงวันด้วยการตัดวงจรชีวิตของหนอนแมลงวันไม่ให้เข้าดักแด้เกิดเป็นตัวแมลงวัน

(5) ช่วยเสริมสุขภาพสัตว์เลี้ยง ทำให้สัตว์แข็งแรง มีความต้านทานโรค ให้ผลผลิตสูง และอัตราการตายต่ำ

3) ด้านการประมง

(1) ช่วยควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้

(2) ช่วยแก้ปัญหาโรคพยาธิในน้ำ ซึ่งเป็นอันตรายต่อกุ้ง ปลา กบ หรือสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่เลี้ยงได้

(3) ช่วยรักษาโรคแผลต่าง ๆ ในปลา กบ จระเข้ เป็นต้น

(4) ช่วยลดปริมาณเชื้อเลนในบ่อ ช่วยให้เลนไม่เหม็น สามารถนำไปผสม เป็นปุ๋ยหมักใช้กับพืชต่าง ๆ ได้ดี

4) ด้านสิ่งแวดล้อม

(1) ช่วยบำบัดน้ำเสียจากการเกษตร การปศุสัตว์ การประมง โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน และสถานประกอบการทั่วไป

(2) ช่วยกำจัดกลิ่นต่าง ๆ เช่น ส้วมซึม ร้านอาหาร ตลาด ฟาร์มสัตว์เลี้ยง จากกองขยะ การเลี้ยงสัตว์ โรงงานอุตสาหกรรม และชุมชนต่าง ๆ

(3) ปรับสภาพของเสีย เช่น เศษอาหาร จากครัวเรือนให้เป็นประโยชน์ต่อการเลี้ยงสัตว์และการเพาะปลูก

(4) กำจัดขยะด้วยการย่อยสลายให้มีจำนวนลดน้อยลงและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

(5) ช่วยปรับสภาพอากาศที่เสียให้สดชื่นและมีสภาพดีขึ้น

จะเห็นว่า EM ให้ประโยชน์สูงในหลายด้าน โดยเฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม กำจัดกลิ่นเหม็นเน่าเสียจากแหล่งต่าง ๆ โดยกลิ่นเหม็นต่าง ๆ มักเกิดจากกระบวนการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์แบบ ซึ่งจะก่อให้เกิดก๊าซต่าง ๆ ที่มีกลิ่นรุนแรง เช่น ในส้วมและบ่อเกรอะจะมีก๊าซไข่เน่า มีเทน เป็นต้น ถ้านำ EM เข้าไปย่อยสลายก็จะทำให้การย่อยสลายของเสียต่าง ๆ สมบูรณ์ขึ้น กลิ่นเน่าเสียต่าง ๆ ก็จะหายไป EM สามารถดับกลิ่นได้อย่างรวดเร็วภายใน 20 – 30 นาที และเป็นการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ โดยไม่ต้องใช้สารเคมี จึงจะทำให้สิ่งแวดล้อมเสียความสมดุล

EM กับการเจริญเติบโตของต้นไม้และพืชทุกชนิด EM จะเป็นตัวกลางช่วยเร่งปฏิกิริยาการดูดซึมอาหารของพืชได้เร็วขึ้น และได้อาหารมากขึ้น ใน EM จะมีกากน้ำตาล รูโครล

ซึ่งน้ำตาลโมเลกุลเล็กเหล่านี้พืชสามารถดูดซึมได้ทันทีโดยไม่ต้องรอการย่อยสลาย ดังนั้น จะเห็นว่าถ้าเรานำ EM ไปรดต้นไม้ จะทำให้ต้นไม้สดชื่นเจริญเติบโตดีกว่าปกติ

2.3.4.6 การใช้จุลินทรีย์ EM ในการบำบัดน้ำเสีย

จุลินทรีย์ EM (Effective Microorganisms) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ให้ประโยชน์กับสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ คุณสมบัติเด่นของจุลินทรีย์ EM ก็คือ การย่อยสลายที่สมบูรณ์แบบนั่นเอง ดังนั้น การนำ EM ไปบำบัดน้ำเสียก็คือ การนำ EM ไปย่อยสลายสิ่งสกปรกที่ตกค้างจากการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์ของกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีโทษนั่นเอง ในการบำบัดน้ำเสียด้วย EM ควรคำนึงถึงปัญหาหรือที่มาของปัญหาก่อนว่าปัญหามีมากน้อยเพียงใด ถ้าปัญหามีมากควรใช้ EM เข้มข้นสูง (ไม่ผสมน้ำ) เทหรือราดลงไปแหล่งหรือต้นตอของปัญหา ยิ่งปริมาณจุลินทรีย์ EM หนาแน่นมากเท่าใด ก็จะทำให้การบำบัดทำได้อย่างรวดเร็ว (เกิดการย่อยสลายได้รวดเร็วขึ้น) เมื่อกระบวนการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ EM ทำงานได้เต็มที่ก็จะทำให้ปฏิกิริยาย่อยสลายเกิดขึ้นแบบสมบูรณ์ ของเสียหรือกลิ่นเน่าเหม็นก็จะถูกกำจัดไปในที่สุด (ชีววิถี, 2549)

ปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสีย

- 1) จุลินทรีย์ EM ต้องเป็นจุลินทรีย์ที่แข็งแรง ไม่เก่าเก็บจนเกินไป เข้มข้นสูง
 - 2) แหล่งหรือจุดที่เป็นต้นตอของปัญหา
 - 3) ปริมาณการใช้ EM ในแต่ละครั้งไม่ควรน้อยหรือเจือจางจนเกินไป ซึ่งจะมีผลต่อการย่อยสลาย
 - 4) ความถี่ของการใช้ EM ซึ่งขึ้นอยู่กับปัญหา เพราะแต่ละปัญหาไม่เหมือนกัน
- ดังนั้น ผู้ใช้ควรมีความเข้าใจในการใช้ให้เหมาะสมและถูกหลักจึงจะได้ผลดี

2.4 มุลนิธิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ตั้งอยู่เลขที่ 114 หมู่ 1 บ้านมาบเอื้อง ตำบลหนองบอนแดง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี มีเนื้อที่ประมาณ 40 ไร่

ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้องเกิดขึ้นจากแนวคิด “เศรษฐกิจพอเพียง” ตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่เป็นแรงบันดาลใจให้ อาจารย์วิวัฒน์ ศัลยกำธร ประธานมูลนิธิฯ ผู้มีโอกาสดำรงตำแหน่งเป็นรองอธิบดีกรมการเกษตร โดยรับราชการใกล้ชิดกับพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวในขณะดำรงตำแหน่งในหน่วยงานสำนักคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) สำนักนายกรัฐมนตรีกว่า 16 ปี และมีโอกาสได้สัมผัสกับชีวิต

ของเกษตรกรในทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ จากการตามเสด็จพระราชดำเนิน และได้เห็น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงทุ่มเทพระวรกาย กำลัง และพระราชทรัพย์ส่วนพระองค์ ทั้งเวลา ส่วนใหญ่กับการพัฒนา คั้นคว่ำ และทดลองสิ่งต่าง ๆ ภายใต้โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ โดยได้ทรงลงมือปฏิบัติการด้วยพระองค์เอง ทรงเน้นให้ เกษตรกรและประชาชนรู้จักพึ่งพาตนเอง จึงได้พระราชทานแนวคิดเรื่อง “ทฤษฎีใหม่ เศรษฐกิจ พอเพียง” เพื่อเป็นหลักคิดให้กับทุก ๆ คน

ด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณ อาจารย์วิวัฒน์ ศัลยกำธรจึงได้รวบรวมกลุ่มคนหลาย ๆ อาชีพที่มีแนวคิดอุดมการณ์ที่จะฟื้นฟูประเทศ โดยน้อมนำแนวคิด เรื่อง ทฤษฎีใหม่ เศรษฐกิจ พอเพียง มาประยุกต์ใช้กับการทำการเกษตรและการดำรงชีวิต โดยจัดตั้งเป็น “ชมรมกสิกรรมธรรมชาติไท” และดำเนินการรณรงค์เผยแพร่ให้ความรู้เรื่องการทำกสิกรรมธรรมชาติ และลงมือ ปฏิบัติตามแนวพระราชดำริดังกล่าว เพื่อพิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถทำการเกษตรและอยู่อย่าง พอเพียงได้จริง ชมรมดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องในการเผยแพร่ ให้ความรู้ ลงมือปฏิบัติเป็น ตัวอย่าง และช่วยเหลือเกษตรกรในหลาย ๆ จังหวัด จนมีแนวร่วมประชาชนทั้งเกษตรกร ข้าราชการ เอกชนให้ความสนใจ เข้าร่วมและพร้อมให้การสนับสนุนการดำเนินการมากขึ้นเรื่อย ๆ จึงได้จดทะเบียนขึ้นเป็น “มูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติ” เมื่อวันที่ 17 กันยายน พ.ศ. 2544 เป็นการนำ โครงการต่าง ๆ ที่ชมรมได้ดำเนินการมาสานต่อและเผยแพร่ขยายให้กว้างไกลยิ่งขึ้น

สืบเนื่องจากการดำเนินการดังกล่าว จึงนำมาสู่แนวคิดในการจัดตั้งศูนย์ฝึกอบรมกสิกรรม ธรรมชาติมาบ่อเอื้อง เพื่อเผยแพร่แนวคิด และดำเนินการให้เป็นไปตามเจตนารมณ์ “คืนชีวิตให้ แผ่นดิน” โดยน้อมนำแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นแนวปฏิบัติแสดงให้เห็นเกษตรกรและบุคคล ทั่วไปได้เห็นจริงและเข้าใจตามแนวพระราชดำริพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในการดำรงชีวิตอยู่ แบบ “พอเพียง”

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สารสิน อุทยานนท์ (2538: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ ธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสีย: กรณีศึกษา ณ ระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ของแก่น จาก การศึกษา พบว่า น้ำเสียที่ใสและไม่ใสจุลินทรีย์ธรรมชาติให้ผลในการบำบัดเช่นเดียวกัน ที่ความ เข้มข้นต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ที่ใสในน้ำเสียไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าลักษณะน้ำเสียจากโรงพยาบาลมีลักษณะไม่เหมือนน้ำเสียจากแหล่งอื่น

เนื่องจากน้ำเสียจากโรงพยาบาลจะมีสารปฏิชีวนะ (Antibiotics) และสารเคมีต่าง ๆ ในระดับปริมาณที่สูง จึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติบางกลุ่มสามารถทำงานได้ และบางกลุ่มไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้น การใส่เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติลงไปจึงไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ณ โรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่นแต่อย่างใด

เอนก สถิตไทย (2538: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาทดลองใช้น้ำสกัดชีวภาพ (EM) บำบัดน้ำเสียจากนิคมชนมจีน จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยพบว่า การใช้น้ำสกัดชีวภาพในการลดค่าบีโอดีและปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสีย ให้ผลไม่แตกต่างกันกับการไม่ใช้น้ำสกัดชีวภาพ และในชุดทดลองที่จัดให้มีการเติมน้ำชีวภาพในน้ำเสียทุก 7 วันนั้น พบว่า ไม่ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย แต่กลับทำให้น้ำเสียมีค่าของแข็งแขวนลอยและค่าบีโอดีเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากการทดลองเป็นแบบที่มีการเติมน้ำเสียเพียงครั้งเดียว

ลาวัลย์ เอียวสวัสดิ์, อัศรมงคล หอมเลย และนภาพร วิศวกุล (2540: บทคัดย่อ) ศึกษาการใช้น้ำสกัดชีวภาพ (EM) ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร พบว่า การใช้น้ำสกัดชีวภาพไม่มีส่วนในการลดค่าของแข็งแขวนลอยและบีโอดีในน้ำเสีย แต่การใช้น้ำสกัดชีวภาพร่วมกับการเติมอากาศจะให้ผลในการบำบัดดีกว่าการใช้น้ำสกัดชีวภาพเพียงอย่างเดียว

เสาวนีย์ ธรรมสถิต (2543: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาการใช้เอนไซม์และเซลล์ของจุลินทรีย์ในการจัดการน้ำเสียประเภทไขมันสูง พบว่า การใช้แบคทีเรีย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Pseudomonas aeruginos* LP602, *Bacillus* spp. B304 และ *Acinetobacter calcoaceticus* LP009 ร่วมกันสามารถบำบัดน้ำเสียไขมันสูงถึงประมาณ 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ลดลงเหลือประมาณ 7 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าบีโอดีลดลงเหลือเพียง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ของระดับเริ่มต้นประมาณ 3,800 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในเวลา 15 วัน โดยวิธีการบำบัดแบบระบบให้อากาศ

อรุษา อยู่บัว และอรุณวดี ธนวิภาวัฒน์ (2543: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของ *Saccharomyces cerevisiae* กับ *Bacillus subtilis* พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ *S. cerevisiae* สามารถเจริญเติบโตสูงสุดในชั่วโมงที่ 18 และที่ค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 5 สามารถลดค่าไนโตรเจนได้ร้อยละ 53.19 ลดค่าฟอสเฟตได้ร้อยละ 35.65 และลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 72.61 ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ *B. subtilis* สามารถเจริญเติบโตสูงสุดในชั่วโมงที่ 14 และที่ค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 7 สามารถลดค่าไนโตรเจนได้ร้อยละ 40.00 ลดค่าฟอสเฟตได้ร้อยละ 36.67 และลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 53.72

พิชญ เอกคณาลักษมี (2547: บทคัดย่อ) ศึกษาการใช้น้ำสกัดชีวภาพ (EM) ในการกำจัดไขมันและน้ำมันในน้ำทิ้งโรงอาหาร โดยเปรียบเทียบระหว่างชุดที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพใน

ปริมาณต่าง ๆ คือ 0 มิลลิลิตร (ชุดควบคุม) 0.03, 0.3 และ 3 มิลลิลิตร พบว่า น้ำสกัดชีวภาพไม่มีผลในการกำจัดไรมันและน้ำมันในน้ำทิ้งโรงอาหาร

ณัฐพล เอี่ยมอ้น (2549: บทคัดย่อ) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพจากกากส่าเหล้าหมัก: กรณีศึกษา น้ำตัวอย่างจากคลองแสนแสบ พบว่า น้ำสกัดชีวภาพจากกากส่าเหล้าหมักชนิดต่าง ๆ ไม่มีส่วนช่วยในการบำบัดคุณภาพน้ำตัวอย่าง

ดำรงศักดิ์ พิริยะภัทรกิจ (2549: บทคัดย่อ) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพ: กรณีศึกษา ตัวอย่างน้ำเสียในคลองแสนแสบ พบว่า การใช้ น้ำสกัดชีวภาพไม่สามารถบำบัดตัวอย่างน้ำเสียในคลองแสนแสบได้ ส่วนระยะเวลาในการบำบัดเพิ่มขึ้น มีผลต่อการบำบัดตัวอย่างน้ำเสียในคลองแสนแสบให้ดีขึ้น ยกเว้นค่าบีโอดีที่ระยะ 6 วัน จะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการขาดแคลนอาหารทำให้เกิดการตายของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นและที่ซื้อมา (ผลิตขายในตลาดเพื่อการค้า) สามารถใช้ในการบำบัดตัวอย่างน้ำเสียจากคลองแสนแสบได้ไม่แตกต่างกับการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพ

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 วัสดุอุปกรณ์

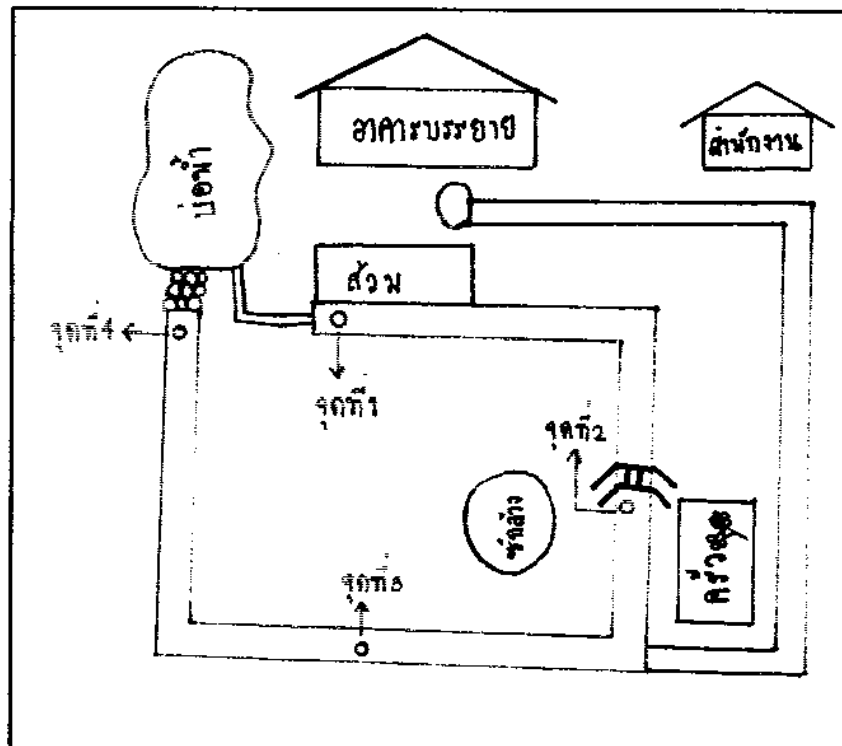
- 3.1.1 ภาชนะพลาสติก
- 3.1.2 ขวดเก็บน้ำตัวอย่าง ขนาด 1.5 ลิตร
- 3.1.3 น้ำสกัดชีวภาพ
- 3.1.4 กระบอกตวงขนาด 1 ลิตร
- 3.1.5 เครื่องวัดค่า pH
- 3.1.6 ตลับเมตร
- 3.1.7 กล้องโฟม
- 3.1.8 กล้องถ่ายรูป
- 3.1.9 น้ำแข็ง

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในรางลำเลียงน้ำเสีย ณ ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ซึ่งทำการเก็บแบบผสมรวม (Composite Sampling) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 4 จุด คือ ที่ระยะเริ่มต้นของการปล่อยน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย และทำการเก็บตัวอย่างน้ำอีก 3 จุด ที่ระยะ 40, 80 และ 120 เมตร โดยวัดจากจุดเริ่มต้นที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ดังภาพที่ 3.1 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจุดละ 2 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำปริมาณ 3 ลิตรเท่า ๆ กัน แล้วนำมาผสมรวมกัน หลังจากนั้นนำมาใส่ขวดเก็บน้ำตัวอย่างและต้องแช่ในถังน้ำแข็งเพื่อลดอุณหภูมิ ซึ่งจะทำให้การเก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการเติมน้ำสกัดชีวภาพ จากนั้นนำตัวอย่างน้ำที่ได้ นำส่งคณะวิศวกรรม

สิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (BOD) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ปริมาณไนเตรท ($\text{NO}_3 - \text{N}$) ปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_3 - \text{N}$) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ทั้งหมด และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม



ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง

3.2.2 การเติมน้ำสกัดชีวภาพ

ในการทดลองครั้งนี้จะใช้น้ำสกัดชีวภาพในอัตราส่วน 0.5 ppm. ซึ่งปริมาตรของน้ำในรางลำเลียงทั้งหมดคิดจากขนาดของรางลำเลียง โดยรางลำเลียงน้ำเสียกว้าง 4 เมตร ยาว 120 เมตร และลึก 1.2 เมตร ซึ่งคำนวณปริมาตรน้ำได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรของน้ำ} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{ลึก} \\
 &= 4 \times 120 \times 1.2 \\
 &= 576 \text{ ลูกบาศก์เมตร}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ในการทดลองครั้งนี้จะใช้น้ำสกัดชีวภาพเท่ากับ 0.29 ลิตร

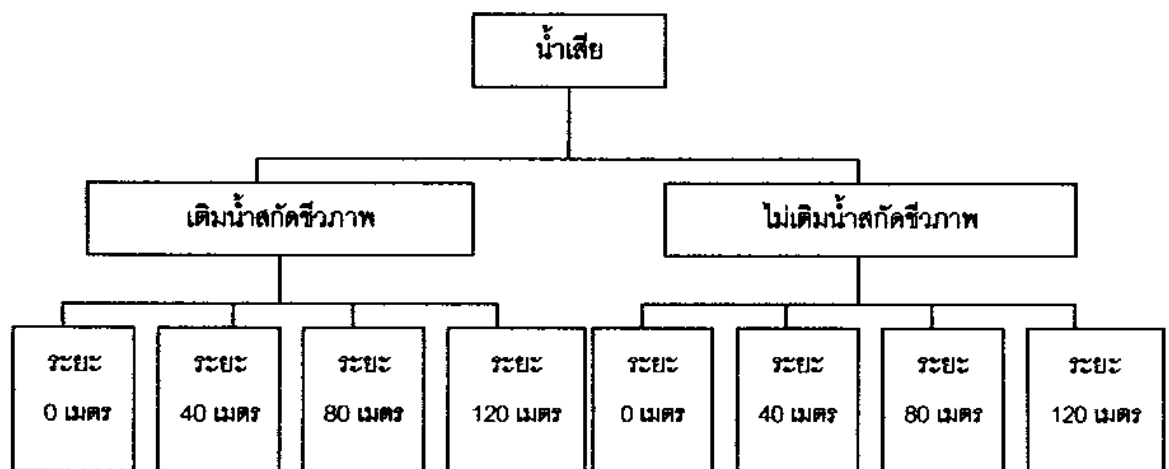
3.2.3 การวางแผนการทดลองและขั้นตอนการทดลอง

การทดลองศึกษาประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียนั้น ได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยวางรูปแบบการทดลองแบบ 2 x 4 Factorial Arrangement จำนวน 2 จำลอง โดยแบ่งเป็น 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1: น้ำสกัดชีวภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การเติมและไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพ

ปัจจัยที่ 2: ระยะทางการไหลของน้ำเสีย โดยแบ่งเป็น 4 ระยะ คือ 0, 40, 80 และ 120

เมตร



ภาพที่ 3.2 แสดงรูปแบบการทดลอง 2 x 4 Factorial Arrangement

โดยขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

3.2.3.1 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเลี้ยง ก่อนการเติมน้ำสกัดชีวภาพทั้ง 4 จุด จุดละ 2 ครั้ง ตามขั้นตอนที่ 3.2.1

3.2.3.2 เติมน้ำสกัดชีวภาพของทางมูลนิธิฯ ลงไปที่รางลำเลียงน้ำเสีย โดยเติมน้ำสกัดชีวภาพ 0.29 ลิตร

3.2.3.3 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำหลังการเติมน้ำสกัดชีวภาพไปแล้วเป็นเวลา ½ ชั่วโมง เพื่อส่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่

- 1) ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)
- 2) ปริมาณออกซิเจนที่ใช้อยู่สลายสารอินทรีย์ในน้ำ (BOD)
- 3) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS)
- 4) ปริมาณไนเตรท ($\text{NO}_3 - \text{N}$)

- 5) ปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_3 - \text{N}$)
- 6) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)
- 7) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)
- 8) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างน้ำ วิธีการวิเคราะห์นั้นจะใช้ตาม Standard Method of Water and Wastewater (APHA. AWWA. and WEF, 1992 อ้างถึงใน ณัฐพล เอี่ยมอ้น, 2549: 56)

ตารางที่ 3.1 วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	Azide Modification 20°C: 5 วัน
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	pH Meter
ของแข็งแขวนลอย (SS)	Gravimetric Method และอบที่ 103 – 105 °C
ปริมาณไนเตรท ($\text{NO}_3 - \text{N}$)	Cadmium Reduction
ปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_3 - \text{N}$)	Titrimetric Method
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)	Ascorbic Acid Method
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	Multiple Tube Fermentation Technique
แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	Multiple Tube Fermentation Technique

แหล่งที่มา: APHA. AWWA. and WEF, 1992 อ้างถึงใน ณัฐพล เอี่ยมอ้น, 2549: 56

3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการศึกษา จะวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of Variance: ANOVA) ของคุณภาพน้ำทิ้งในกรณีที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ในระยะทางที่แตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SAS Version 6.12 (SAS Institute, 1996: 10)

3.5 การบันทึกข้อมูล

3.5.1 วันที่เริ่มทำการทดลอง

3.5.2 คุณภาพของน้ำตัวอย่างก่อนการทดลอง

3.5.2.1 คุณภาพของน้ำตัวอย่างที่ระยะ 0 เมตร

3.5.2.2 คุณภาพของน้ำตัวอย่างที่ระยะ 40 เมตร

3.5.2.3 คุณภาพของน้ำตัวอย่างที่ระยะ 80 เมตร

3.5.2.4 คุณภาพของน้ำตัวอย่างที่ระยะ 120 เมตร

3.5.3 คุณภาพของน้ำตัวอย่างหลังการทดลอง

3.5.3.1 คุณภาพของน้ำตัวอย่างที่ระยะ 0 เมตร

3.5.3.2 คุณภาพของน้ำตัวอย่างที่ระยะ 40 เมตร

3.5.3.3 คุณภาพของน้ำตัวอย่างที่ระยะ 80 เมตร

3.5.3.4 คุณภาพของน้ำตัวอย่างที่ระยะ 120 เมตร

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษา ร้าง ลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งในกรณีที่ไม่มี การเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นเองของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติ มาบเอื้อง ในอัตราส่วน 0.5 ppm ที่ระยะทางในการบำบัด 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีรายละเอียด ของผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

4.1 อิทธิพลของน้ำสกัดชีวภาพที่มีต่อคุณภาพน้ำทิ้งร้างลำเลียงน้ำเสียของ มูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งของร้างลำเลียงน้ำเสีย ณ มูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ที่ ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ซึ่งคุณภาพน้ำทิ้งที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง บีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ในเตรท แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสรวม แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัด ชีวภาพ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้ แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 1

จากการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 7.47 และ 7.46 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด – ด่างที่ลดลงไปเพียงเล็กน้อยน่าจะเกิดจาก ปฏิกริยาการย่อยสลายสารอาหารของจุลินทรีย์ในสภาพที่มีอากาศ ซึ่งจะปล่อยก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ออกมา และเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำจะทำให้ น้ำมีสภาพความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างที่วัดได้มีค่าลดลง (ปิยนุช บุญศิริชัย, 2547: 45) นอกจากนี้ ค่าความเป็นกรด – ด่างที่วัดได้จากน้ำทิ้งทั้งที่มีการเติมและไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

4.1.2 บีโอดี (BOD)

ค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 2

จากการทดลอง พบว่า ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 15.50 และ 14.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ อเนก สถิตไทย (2538: บทคัดย่อ) ที่พบว่า การใช้น้ำสกัดชีวภาพบำบัดน้ำเสียในการลดค่าบีโอดีของน้ำเสียให้ผลไม่แตกต่างกันกับการไม่ใช้น้ำสกัดชีวภาพ เนื่องจากในสภาพธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์อยู่หลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการบำบัดน้ำเสียอยู่แล้ว ดังนั้น แม้ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพลงไป ค่าบีโอดีก็ลดลงได้จากการย่อยสลายของจุลินทรีย์กลุ่มนี้เช่นกัน (ไกรฤกษ์ ชูรักษะพะเนาว์, 2538: 1 – 2)

4.1.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 3

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 46.63 และ 44.63 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าแม้ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพปริมาณของแข็งแขวนลอยก็จะลดลงเช่นกัน นั่นคือ จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำสกัดชีวภาพเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย อาจเป็นเพราะว่าจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำสกัดชีวภาพเป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการออกซิเจน เมื่อนำมาเติมลงในน้ำเสียซึ่งอยู่ในสภาวะบรยากาศ จุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพจึงอ่อนแอ ซึ่งส่งผลต่อการบำบัดของแข็งแขวนลอย (ดวงพร คันธโชติ, 2545: 171 – 172) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ดำรงค์ดี ทิระะภัทรกิจ (2549: 106) ที่พบว่า การบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพ กรณีศึกษา ตัวอย่างน้ำเสียคลอง

แทนแถบ ให้ผลในการบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มตัวอย่างน้ำที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

4.1.4 ในเตรท

ปริมาณในเตรทของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.4 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 4

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณในเตรทของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 0.64 และ 0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการเติมน้ำสกัดชีวภาพลงไปส่งผลให้ปริมาณในเตรทมีค่าลดลงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพบางชนิด ทำให้เกิดกระบวนการของจุลินทรีย์ที่เรียกว่า Denitrification โดยการเปลี่ยนไนเตรทให้เป็นไนโตรเจน (ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, 2546: 30) ทำให้ปริมาณในเตรทมีค่าลดลง

4.1.5 แอมโมเนีย

ปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.5 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 5

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 2.33 และ 1.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อมีการเติมน้ำสกัดชีวภาพลงไปทำให้ปริมาณแอมโมเนียมีค่าลดลง อาจเนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำสกัดชีวภาพมีการนำไนโตรเจนไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่มีไนโตรเจนอย่างสมบูรณ์ การย่อยจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (มันสิน ตันทุลเวศน์ และไพพรรณ พรประภา, 2540: 219) โดยในแอมโมเนียมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจึงอาจเป็นไปได้ที่มีการดึงไนโตรเจนจากแอมโมเนียไปใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ (ปิยนุช บุญศิริชัย, 2547: 43) ดังนั้น ปริมาณแอมโมเนียจึงลดลง

4.1.6 ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.6 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 6

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 3.19 และ 2.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อมีการเติมน้ำสกัดชีวภาพไปนั้น ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีค่าลดลง อาจเป็นไปได้ว่า จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำสกัดชีวภาพนำเอาฟอสฟอรัสไปใช้ในกระบวนการชีวสังเคราะห์เป็นเซลล์เพื่อความอยู่รอด โดยจุลินทรีย์จะสะสมฟอสฟอรัสไว้ในรูปแกมมูฟอสเฟตในเซลล์ จึงส่งผลให้จุลินทรีย์มีปริมาณเพิ่มขึ้นในเบื่องต้น (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544: 126/245) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำทิ้งมีค่าลดลง

4.1.7 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.7 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 7

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 23.38×10^3 และ 19.00×10^3 เอ็ม ที เอ็น ต่อ 100 มิลลิตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพมีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ในขณะที่น้ำที่ได้รับการบำบัดด้วยน้ำสกัดชีวภาพมีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มลดลงจนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพมีปริมาณมากจึงมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้นในเบื่องต้น เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วจะมีผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลง เนื่องจากอาจเกิดจากการขาดอาหารหรือเกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโคลิฟอร์มตามสภาพเดิมเนื่องจากมีสภาวะความเป็นกรดมากขึ้น (ณัฐพล เขี่ยมอัน, 2549: 81)

4.1.8 แบบที่เรียกกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มทั้งหมด

ปริมาณแบบที่เรียกกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.8 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 8

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณแบบที่เรียกกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 17.38×10^3 และ 14.50×10^3 เอ็มพี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณแบบที่เรียกกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพมีปริมาณลดลงจากที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณแบบที่เรียกกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด เป็นค่ารวมของฟิซิลโคลิฟอร์มกับอนฟิซิลโคลิฟอร์ม โดยแบบที่เรียกกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มเป็นแบบที่เรียกที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และตรวจพบได้จากอุจจาระของมนุษย์และสัตว์ (อวัชรชัย ศุภดิษฐ์, 2546: 162) ดังนั้น เมื่อมาอยู่ในน้ำทิ้งซึ่งมีสถานะแตกต่างจากในลำไส้ จึงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเหล่านี้ รวมทั้งจุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพมีปริมาณมากในเบื้องต้น จึงมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วจะมีผลทำให้ปริมาณแบบที่เรียกกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มลดลง เนื่องจากอาจเกิดจากการขาดอาหารหรือเกิดสถานะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโคลิฟอร์มตามสภาพเดิม เนื่องจากมีสถานะความเป็นกรดมากขึ้น (ณัฐพล เขียมอัน, 2549: 81) ปริมาณแบบที่เรียกกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มจึงลดลง

ตารางที่ 4.1 คุณภาพน้ำทิ้งของโรงล้างเนื้อน้ำเสีย ณ มูลนิธิสิกกรรมธรรมชาติมาบเอื้องที่มีการ
เติมน้ำสกัดชีวภาพ

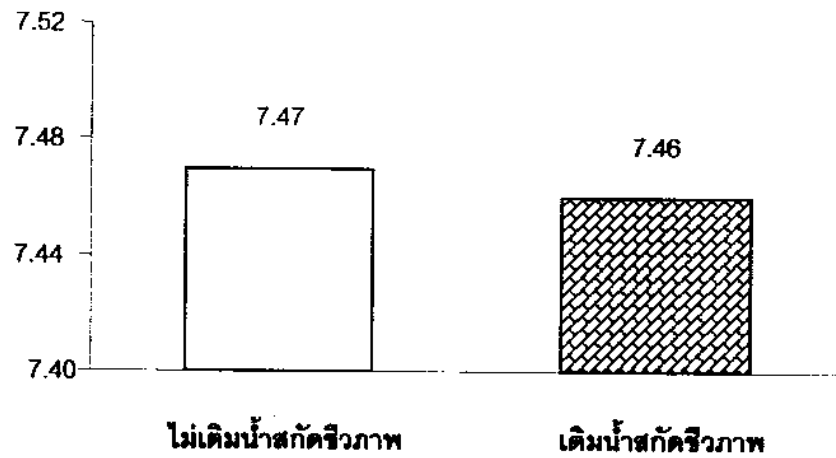
คุณภาพของน้ำทิ้ง	มาตรฐาน คุณภาพน้ำใน แหล่งน้ำผิวดิน	ไม่เติมน้ำสกัด ชีวภาพ	เติมน้ำสกัด ชีวภาพ	CV (ร้อยละ)
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ^{n.s.}	5 – 9	7.47	7.46	0.50
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ^{n.s.}	2.00	15.50	14.13	15.74
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ^{n.s.}	n/a	46.63	44.63	9.36
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร) ^{n.s.}	5.00	0.64	0.56	15.59
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50	2.33 ^a	1.96 ^b	11.32
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	3.19 ^a	2.81 ^b	5.49
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10 ³ MPN/100 ml.)	20.00	23.38 ^a	19.00 ^b	15.25
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10 ³ MPN/100 ml.)	4.00	17.38 ^a	14.50 ^b	10.98

หมายเหตุ: ^{ab} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติ ($p < 0.05$)

^{n.s.} คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

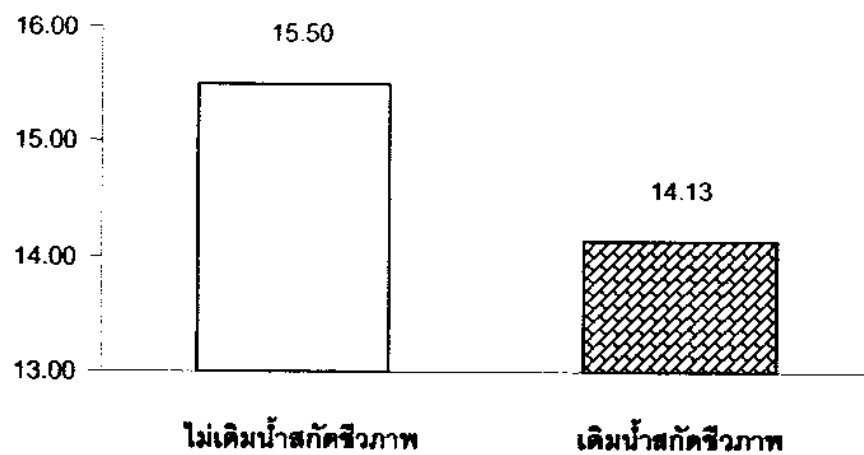
n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้

ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)



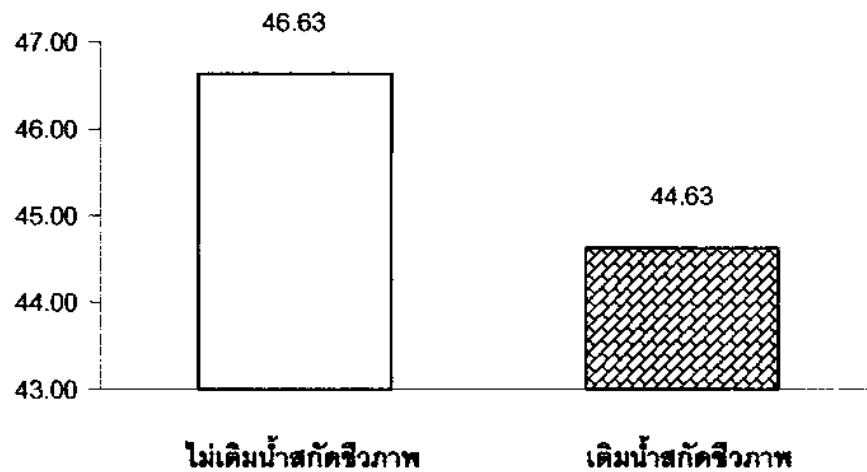
ภาพที่ 4.1 ค่าความเป็นกรด - ด่างของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)



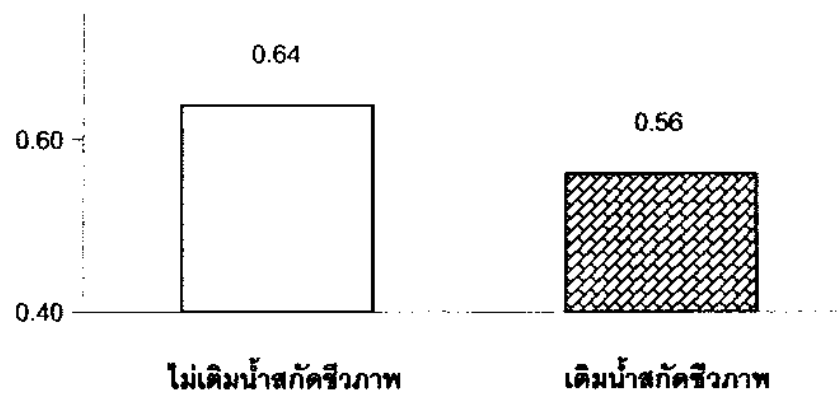
ภาพที่ 4.2 ค่าบีโอดี (BOD) ของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

ปริมาณของแข็งแขวนลอย
(มิลลิกรัมต่อลิตร)



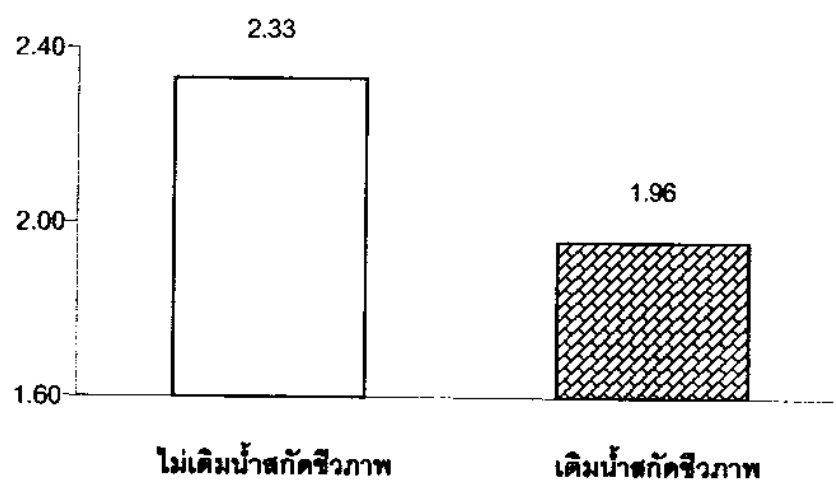
ภาพที่ 4.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

ปริมาณไนเตรท
(มิลลิกรัมต่อลิตร)



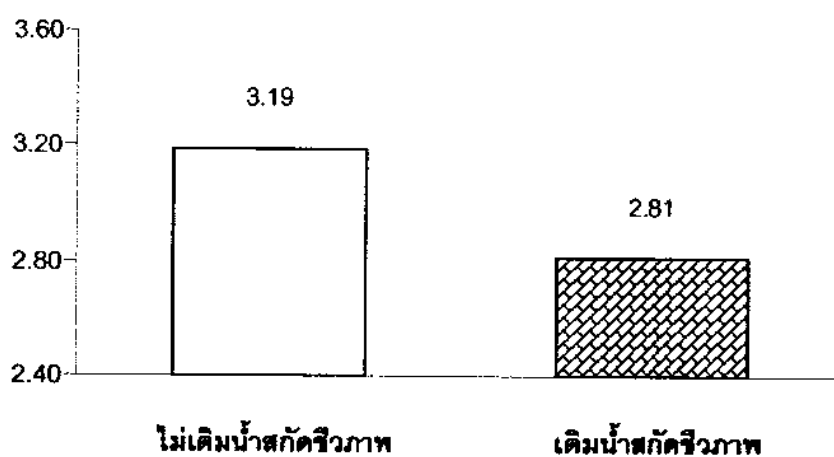
ภาพที่ 4.4 ปริมาณของไนเตรทของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

ปริมาณแอมโมเนีย
(มิลลิกรัมต่อลิตร)



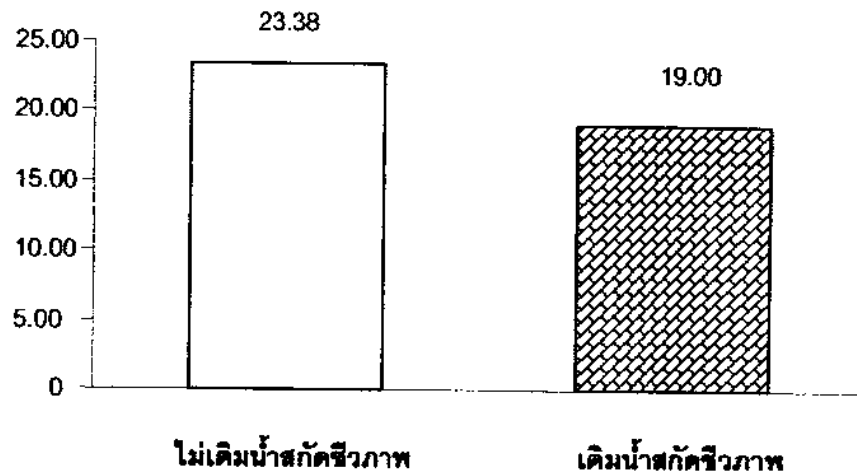
ภาพที่ 4.5 ปริมาณแอมโมเนียของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

ปริมาณฟอสฟอรัสรวม
(มิลลิกรัมต่อลิตร)



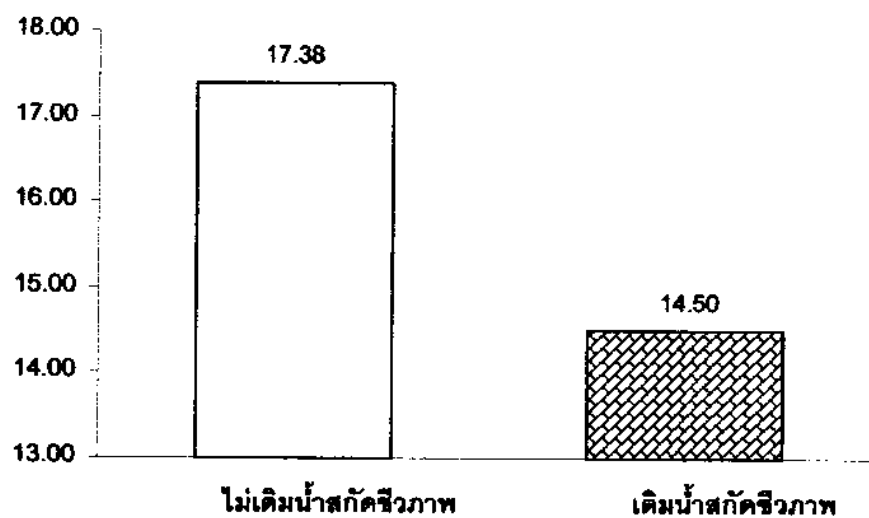
ภาพที่ 4.6 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด
(10^3 MPN/100 ml.)



ภาพที่ 4.7 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย
ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม
(10^3 MPN/100 ml.)



ภาพที่ 4.8 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย
ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

4.2 อิทธิพลของระยะทางรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิกสิกรรมธรรมชาติ มาบเชื้องต่อคุณภาพน้ำทิ้ง

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งของรางลำเลียงน้ำเสีย ณ มูลนิกสิกรรมธรรมชาติมาบเชื้อง ที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียเป็น 0, 40, 80 และ 120 เมตร โดยคุณภาพน้ำทิ้งที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง บีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ในเตรท แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสรวม แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟิโคลิฟอร์ม มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.9 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 9

จากการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าเท่ากับ 7.60, 7.52, 7.42 และ 7.32 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะทางของรางลำเลียงเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด – ด่างจะมีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากระยะทางที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำทิ้งอยู่ในรางลำเลียงน้ำเสียนานขึ้น ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ทำให้ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามากขึ้น ซึ่งเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำค่าความเป็นกรด – ด่างจึงมีค่าลดลง (เกรียงศักดิ์ อุทมสินโรจน์, 2542: 179)

4.2.2 บีโอดี (BOD)

ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.10 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 10

จากการทดลอง พบว่า ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าเท่ากับ 20.25, 16.25, 13.25 และ 9.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าบีโอดีที่ระยะทาง 0 เมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับค่าบีโอดีที่ระยะ 40, 80 และ 120 เมตร ที่ระยะ 40 และ 80 เมตร ค่าบีโอดีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และที่ระยะ 80 และ 120 เมตร ค่าบีโอดีก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกัน ขณะที่ค่า

บีโอดีที่ระยะ 40 และ 120 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นค่าบีโอดีมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจเนื่องมาจากเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นน้ำทิ้งจึงอยู่ในรางลำเลียงน้ำเสียมากขึ้น จุลินทรีย์จึงสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียลดลง และเมื่อปริมาณสารอินทรีย์ลดลงก็จะทำให้จุลินทรีย์ขาดอาหารและลดลงตามไปด้วย ทำให้ความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ลดลงไปด้วย (คณิต ไชยาคำ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, 2537: 3 – 5) ค่าบีโอดีจึงลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น

4.2.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.11 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 11

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าเท่ากับ 57.25, 49.25, 40.75 และ 35.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งที่ระยะทาง 0 เมตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับที่ระยะทาง 40, 80 และ 120 เมตร แต่ที่ระยะทาง 80 และ 120 เมตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงเมื่อระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียยาวขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกิดการตกตะกอนของของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยเหล่านั้นอาจถูกดูดซับด้วยพืชที่มีอยู่ในรางลำเลียงน้ำเสีย (ปิยนุช บุญศิริชัย, 2547: 54) จึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น

4.2.4 ไนเตรท

ปริมาณไนเตรทของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.12 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 12

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณไนเตรทของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าเท่ากับ 1.00, 0.80, 0.48 และ 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนเตรทที่ระยะ 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณไนเตรทในน้ำทิ้งมีปริมาณลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำทิ้ง

ทำให้เกิดปฏิกิริยา Denitrification โดยการเปลี่ยนไนเตรทให้อยู่ในรูปของก๊าซไนโตรเจน ซึ่งจะระเหยออกสู่อากาศได้ และไนเตรทอาจมีการซึมลงไปได้ดินบางส่วนจนผสมกับน้ำใต้ดิน (เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์, 2542: 352) ดังนั้น ปริมาณไนเตรทจึงมีค่าลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น

4.2.5 แอมโมเนีย

ปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.13 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.13

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าเท่ากับ 3.92, 2.63, 1.26 และ 0.77 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแอมโมเนียที่ระยะ 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ปริมาณแอมโมเนียก็ลดลง โดยที่ระยะ 120 เมตร ปริมาณแอมโมเนียลดลงได้มากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าพืชที่อยู่รอบ ๆ บริเวณรางลำเลียงน้ำเสียมีการดึงไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียไปใช้ในการเจริญเติบโต และแอมโมเนียยังมีการระเหยออกมาสู่อากาศได้อีกด้วย (มันสิน ตันทุลเวศม์ และมันรัช ตันทุลเวศม์, 2547: 19/26) นอกจากนี้จุลินทรีย์ในน้ำทิ้งยังทำให้เกิดปฏิกิริยา Nitrification โดยการเปลี่ยนแอมโมเนียให้อยู่ในรูปของไนไตรท์และไนเตรท (ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, 2546: 30) ดังนั้น ปริมาณแอมโมเนียจึงมีค่าลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น

4.2.6 ฟอสฟอรัสรวม

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.14 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.14

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าเท่ากับ 3.45, 3.28, 2.82 และ 2.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งที่ระยะ 0 และ 40 เมตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ที่ระยะ 0, 80 และ 120 เมตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และที่ระยะ 40, 80 และ 120 เมตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เช่นกัน โดยปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะฟอสฟอรัสรวมส่วนใหญ่ที่อยู่ในน้ำจะอยู่ในรูปออร์โธฟอสเฟต (เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์, 2542: 352) ดังนั้น จึงเป็นไปได้ว่าพืชที่อยู่ด้านข้างและภายในรางลำเลียงน้ำเสียนำฟอสฟอรัสที่ละลายอยู่ในรูป

ออโรโฟสเฟตที่ละลายน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโต (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544: 52) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีค่าลดลงเมื่อมีระยะทางที่เพิ่มขึ้น

4.2.7 แบบคิเรียกกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

ปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.15 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 15

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าเท่ากับ 27×10^3 , 24.50×10^3 , 18.50×10^3 และ 14.75×10^3 เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดที่ระยะ 0 และ 40 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดที่ระยะ 80 และ 120 เมตร ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เช่นกัน แต่ปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดที่ระยะ 0 และ 40 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับที่ระยะ 80 และ 120 เมตร โดยปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มโคลิฟอร์มมีแนวโน้มที่ลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์พวกนี้มาจากการปนเปื้อนสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลื้อยคุดโดยตรง เมื่อถูกขับออกสู่แหล่งน้ำซึ่งเป็นสภาพที่แตกต่างจากภายในลำไส้อย่างมาก และไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อเหล่านี้ จึงทำให้มีปริมาณของเชื้อเหล่านี้ลดน้อยลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น (ดำรงศักดิ์ พิริยะภัทรกิจ, 2549: 82)

4.2.8 แบบคิเรียกกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์ม

ปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์มของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.16 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 16

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์มของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าเท่ากับ 22.00×10^3 , 16.50×10^3 , 14.50×10^3 และ 10.75×10^3 เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์มที่ระยะ 0 เมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์มที่ระยะ 40, 80 และ 120 เมตร ขณะที่ระยะ 40 และ 80 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนที่ระยะ 40 และ 120 เมตร และที่ระยะ 80 กับที่ระยะ 120 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งปริมาณแบบคิเรียกกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์มมีแนวโน้มลดลงตามระยะทางที่

เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเป็นค่ารวมของฟีคัลโคลิฟอร์มและนอนฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มเป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และตรวจพบได้จากอุจจาระของมนุษย์และสัตว์ (วัชรชัย ศุภดิษฐ์, 2546:162) ดังนั้น เมื่อปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลง ปริมาณของฟีคัลโคลิฟอร์มจึงลดลงดังที่ได้อภิปรายไว้ในข้อ 4.2.7 ข้างต้น

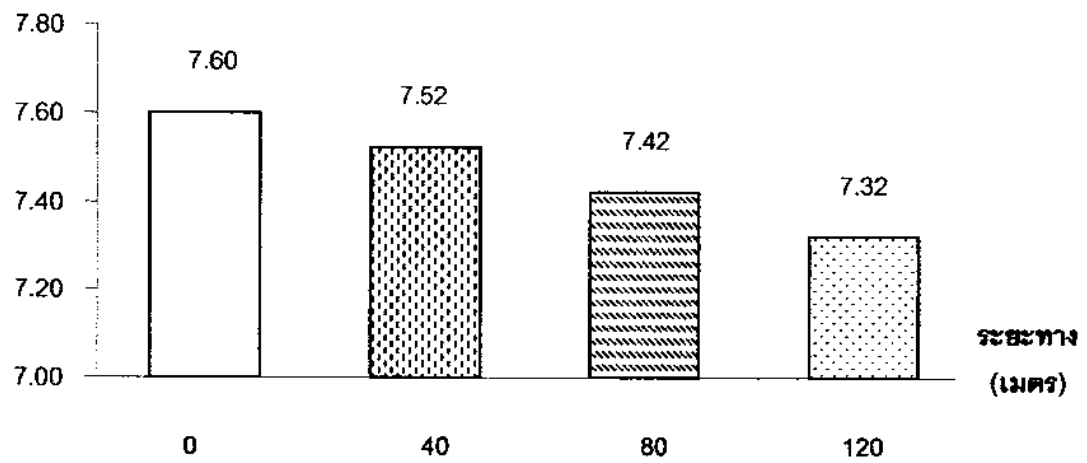
ตารางที่ 4.2 คุณภาพน้ำทิ้งของโรงบำบัดน้ำเสีย ณ มุขนิคมกิจกรรมธรรมชาติมาบตาบอด ซึ่งระยะทางในการบำบัดแตกต่างกัน

คุณภาพของน้ำทิ้ง	มาตรฐานคุณภาพน้ำ ในแหล่งน้ำผิวดิน	ระยะทาง (เมตร)			CV (ร้อยละ)	
		0	40	80		
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	5 – 9	7.60 ^a	7.52 ^b	7.42 ^c	7.32 ^d	0.50
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.00	20.25 ^a	16.25 ^b	13.25 ^{bc}	9.50 ^c	15.74
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	57.25 ^a	49.25 ^b	40.75 ^c	35.25 ^c	9.36
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.00	1.00 ^a	0.80 ^b	0.48 ^c	0.13 ^d	15.59
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50	3.92 ^a	2.63 ^b	1.26 ^c	0.77 ^d	11.32
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	3.45 ^a	3.28 ^a	2.82 ^b	2.45 ^c	5.49
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10 ³ MPN/100 ml.)	20.00	27.00 ^a	24.50 ^a	18.50 ^b	14.75 ^b	15.25
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10 ³ MPN/100 ml.)	4.00	22.00 ^a	16.50 ^b	14.50 ^b	10.75 ^c	10.98

หมายเหตุ: ^{a b c d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

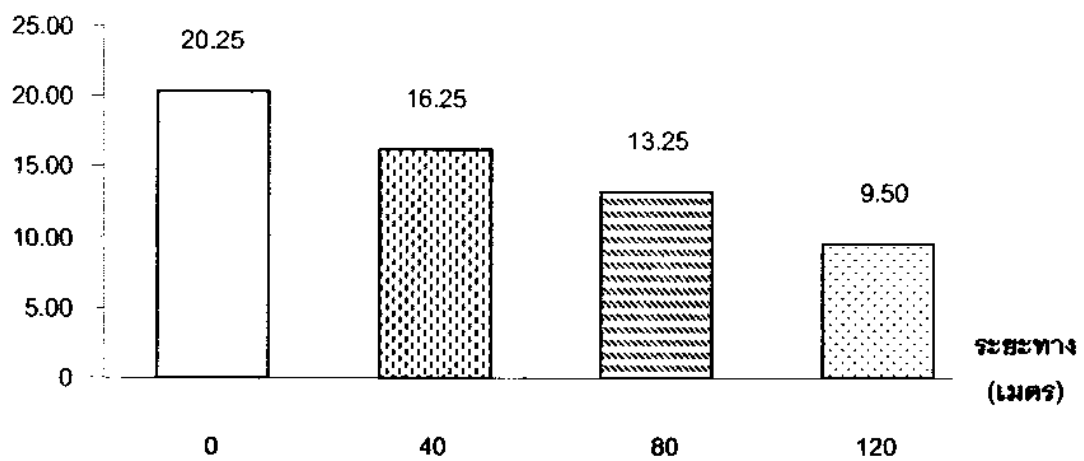
^a n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้

ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)



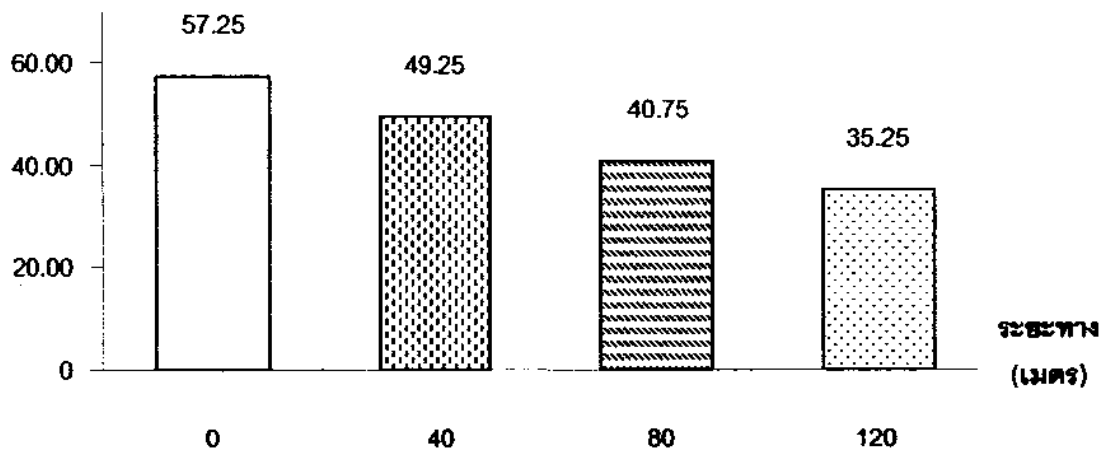
ภาพที่ 4.9 ค่าความเป็นกรด - ด่างของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)



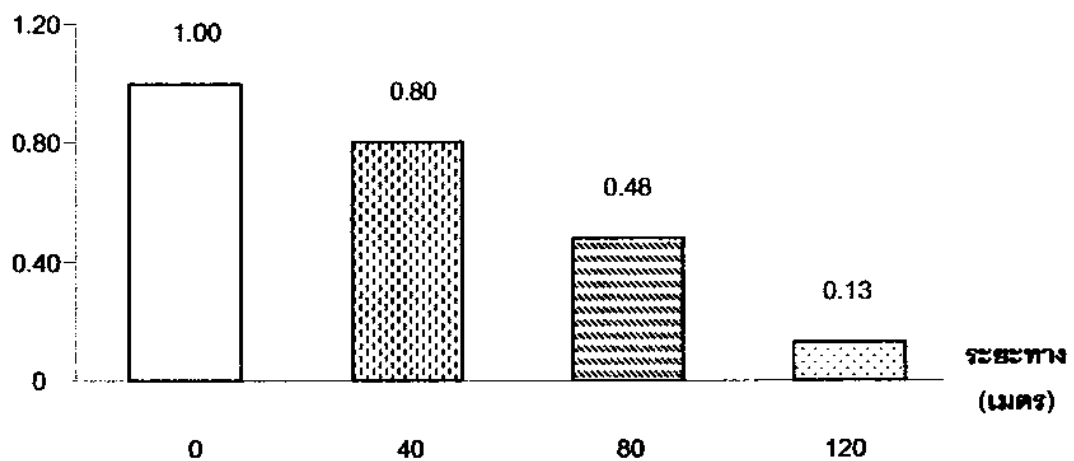
ภาพที่ 4.10 ค่าบีโอดี (BOD) ของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

**ปริมาณของแรงแวนลอย
(มิลลิกรัมต่อลิตร)**



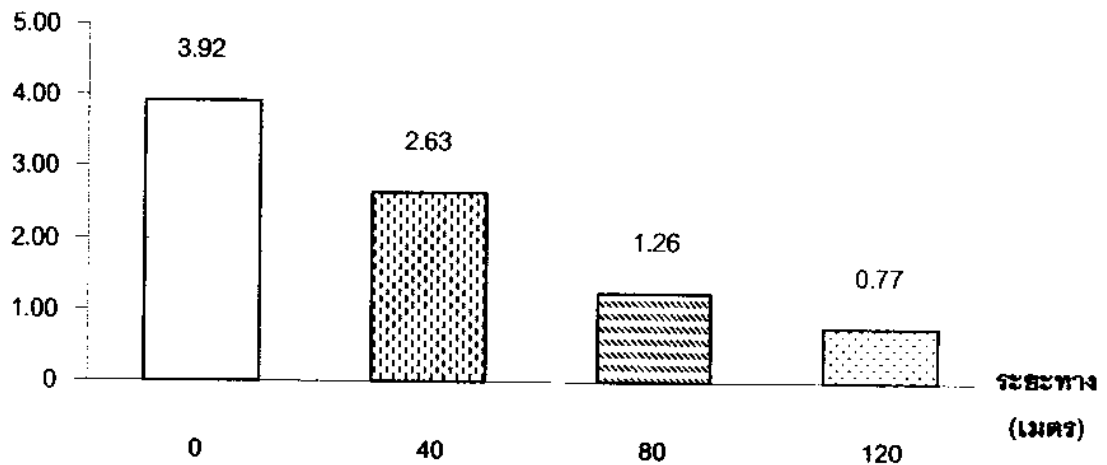
ภาพที่ 4.11 ปริมาณของแรงแวนลอยของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

**ปริมาณไนเตรท
(มิลลิกรัมต่อลิตร)**



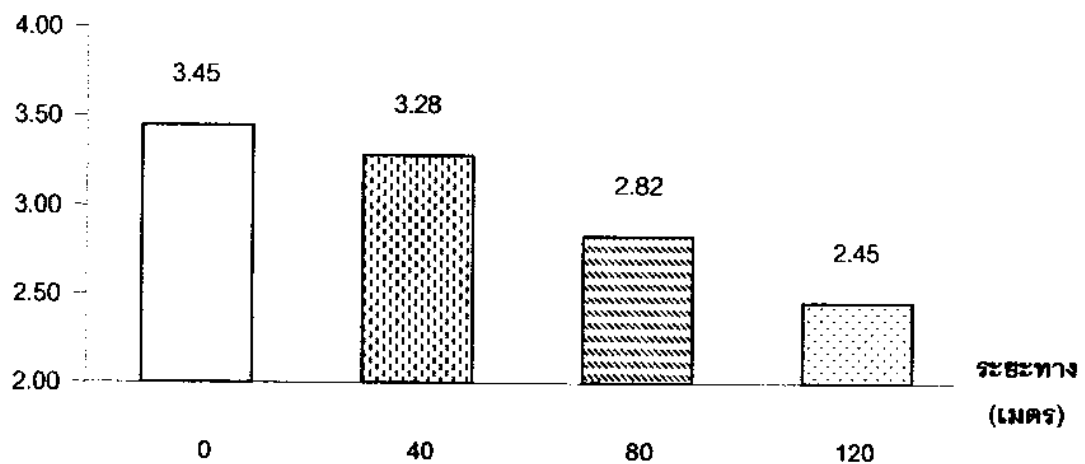
ภาพที่ 4.12 ปริมาณไนเตรทของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

ปริมาณแอมโมเนีย
(มิลลิกรัมต่อลิตร)



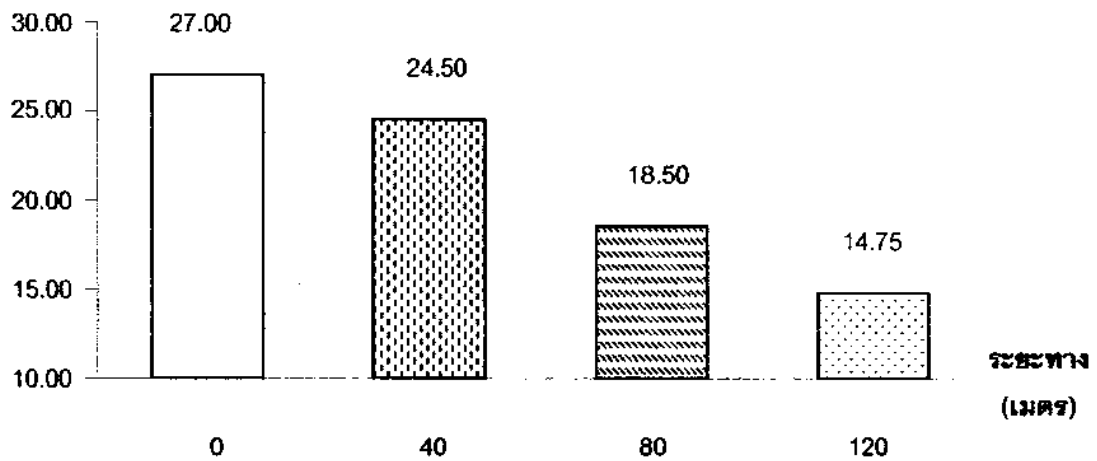
ภาพที่ 4.13 ปริมาณแอมโมเนียของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

ปริมาณฟอสฟอรัสรวม
(มิลลิกรัมต่อลิตร)



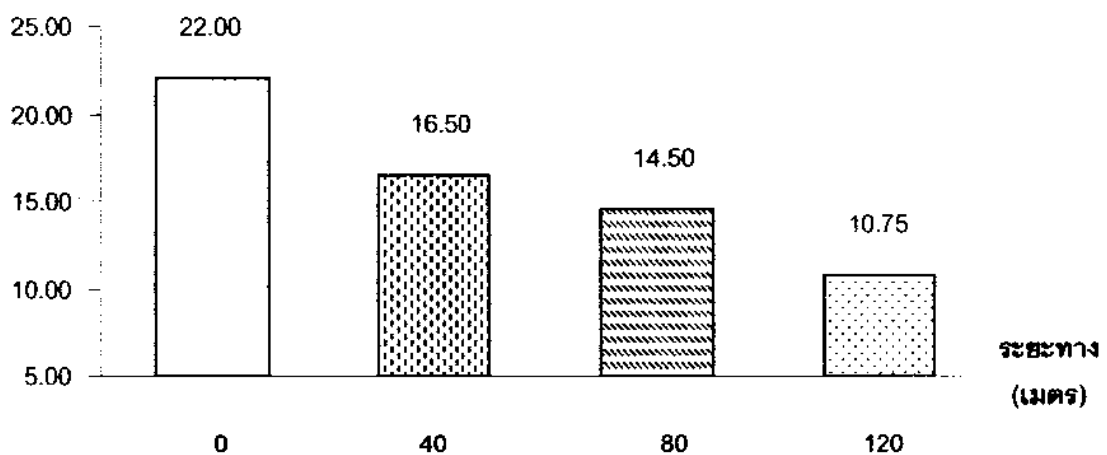
ภาพที่ 4.14 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด
(10^3 MPN/100 ml.)



ภาพที่ 4.15 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย
ที่ระยะทางต่างกัน

แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด
(10^3 MPN/100 ml.)



ภาพที่ 4.16 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียง
น้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

4.3 อิทธิพลร่วมระหว่างน้ำสกักชีวภาพและระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียที่มีผลต่อคุณภาพน้ำทิ้งของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งของรางลำเลียงน้ำเสีย ณ มูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ที่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพและระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียที่ใช้น้ำบำบัด ซึ่งคุณภาพน้ำทิ้งที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง บีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ไนเตรท แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสรวม แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ที่ไม่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพกับการเติมน้ำสกักชีวภาพ ที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียเป็น 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.17 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 17

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการบำบัดโดยการเติมน้ำสกักชีวภาพและระยะทาง โดยการบำบัดที่ไม่เติมน้ำสกักชีวภาพที่ระยะ 0 เมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กับการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพที่ระยะ 40 เมตร และการบำบัดที่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพที่ระยะ 0 และ 40 เมตร และการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพที่ระยะ 0 เมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพที่ระยะ 80 และ 120 เมตร และการบำบัดที่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพที่ระยะ 80 และ 120 เมตร ซึ่งการบำบัดที่ให้ค่าความเป็นกรด – ด่างต่ำสุด คือ การบำบัดที่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสีย 120 เมตร โดยมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.32 ส่วนค่าความเป็นกรด – ด่างสูงสุดมีค่าเท่ากับ 7.61 ที่การบำบัดโดยไม่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพที่ระยะ 0 เมตร อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีที่แตกต่างกันนั้น มีค่าไม่เกินมาตรฐานของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าเท่ากับ 5 – 9

4.3.2 บีโอดี (BOD)

ปริมาณบีโอดี (BOD) ของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ที่ไม่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพกับการเติมน้ำสกักชีวภาพ ที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำ

เสียเป็น 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.18 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 18

จากการทดลอง พบว่า ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ณ มุลนิธิสิกรมรรษชาติมาบเอื้อง โดยการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพกับการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ที่ระยะทางในการบำบัด 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 9.00 – 21.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งการบำบัดที่ทำให้บีโอดีมีค่าลดลงต่ำสุด คือ การบำบัดที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ระยะทาง 120 เมตร โดยมีค่าบีโอดีเท่ากับ 9.00 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบว่า การไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง 40 เมตร ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง 0 และ 80 เมตร และการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0, 40 และ 80 เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเติมน้ำสกัดชีวภาพและระยะทางไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน แต่อย่างไรก็ตาม ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีการที่แตกต่างดังกล่าวข้างต้นนั้น มีค่าเกินมาตรฐานของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.3.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิสิกรมรรษชาติมาบเอื้อง ที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพกับการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียเป็น 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.19 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 19

จากการทดลอง พบว่า การบำบัดด้วยการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง 80 และ 120 เมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง 40, 80 และ 120 เมตร และการบำบัดด้วยการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง 0 เมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 40 เมตร และการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง 0 เมตร จึงกล่าวได้ว่าการเติมน้ำสกัดชีวภาพกับระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน ซึ่งปริมาณของแข็งแขวนลอยสามารถลดลงได้มากที่สุด เมื่อผ่านการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ที่ระยะทาง 120 เมตร โดยปริมาณของแข็งแขวนลอยเหลืออยู่ในระบบเท่ากับ 34.50 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.3.4 ไนเตรท

ปริมาณไนเตรทของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิสิกรมรรษชาติมาบเอื้อง ที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพกับการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียเป็น 0,

40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.20 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 20

จากการทดลอง พบว่า การบำบัดน้ำทิ้งโดยการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพ ที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียเป็น 0 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 40 เมตร และการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง 0 เมตร และการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 80 และ 120 เมตร และการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 40, 80 และ 120 เมตร นั่นคือ การเติมหรือไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ นั้น ให้ผลในการลดปริมาณไนเตรทไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ การเติมน้ำสกัดชีวภาพกับระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียไม่มีปฏิสัมพันธ์กันในการลดปริมาณไนเตรท และปริมาณไนเตรทมีค่าต่ำสุดที่การบำบัดโดยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 120 เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าไนเตรททั้งหมดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.3.5 แอมโมเนีย

ปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิสิริกรรมธรรมชาติ มาบเอื้องที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพกับการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียเป็น 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.21 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 21

จากการทดลอง พบว่า การเติมน้ำสกัดชีวภาพกับระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน โดยปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ณ มูลนิธิสิริกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง โดยการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพ กับการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ที่ระยะทางในการบำบัด 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.70 – 3.92 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการบำบัดที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง 120 เมตร จะมีปริมาณแอมโมเนียเหลืออยู่ปริมาณน้อยที่สุดคือ 0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร และการบำบัดที่มีการเติมและไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง 0 เมตร มีปริมาณแอมโมเนียเหลืออยู่มากที่สุด คือ 3.92 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณแอมโมเนียที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 80 และ 120 เมตร และการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 80 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณ

แอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีที่แตกต่างกันดังกล่าวในทุกระยะทาง มีค่าเกินมาตรฐานของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.3.6 ฟอสฟอรัสรวม

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพกับการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียเป็น 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.22 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 22

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 40 เมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0 และ 80 เมตร และการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0 และ 40 เมตร ส่วนการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 120 เมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0 และ 40 เมตร และการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0, 40 และ 120 เมตร โดยการบำบัดที่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเหลือน้อยที่สุด คือ การบำบัดที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 120 เมตร ซึ่งทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเหลือเท่ากับ 2.20 มิลลิกรัมต่อลิตร และการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0 เมตร ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเหลือตกค้างมากที่สุด คือ 3.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งกล่าวได้ว่า การเติมน้ำสกัดชีวภาพกับระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน

4.3.7 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพกับการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียเป็น 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.23 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 23

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันระหว่างการเติมน้ำสกัดชีวภาพกับระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสีย ซึ่งการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0, 40 และ 80 เมตร และการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0 และ 40 เมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการบำบัดที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 120 เมตร จะมีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเหลือปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 11.50 เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนการบำบัดที่ไม่มีการเติมและเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0 เมตร และการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 40 เมตร ทำ

ให้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเหลือตกค้างมากที่สุด คือ 27.00 เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 120 เมตร และการบำบัดที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 80 และ 120 เมตร มีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 20.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.3.8 แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพกับการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ที่ระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียเป็น 0, 40, 80 และ 120 เมตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.24 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข. 24

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันระหว่างการเติมน้ำสกัดชีวภาพกับระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสีย ซึ่งการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0 และ 40 เมตร และการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0 เมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 80 เมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับการบำบัดที่ไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 120 เมตร และการบำบัดที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 40 และ 80 เมตร โดยการบำบัดที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 120 เมตร จะมีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มเหลือปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 10.00 เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนการบำบัดที่ไม่มีการเติมและเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 0 เมตร ทำให้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเหลือตกค้างมากที่สุดคือ 23.00 เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งการบำบัดด้วยวิธีที่แตกต่างกันดังกล่าวในทุกระยะทาง มีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มเกินมาตรฐานของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของน้ำทั้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเลื่องที่มีการเติมน้ำสกักชีวภาพและมีระยะทางในการบำบัดแตกต่างกัน

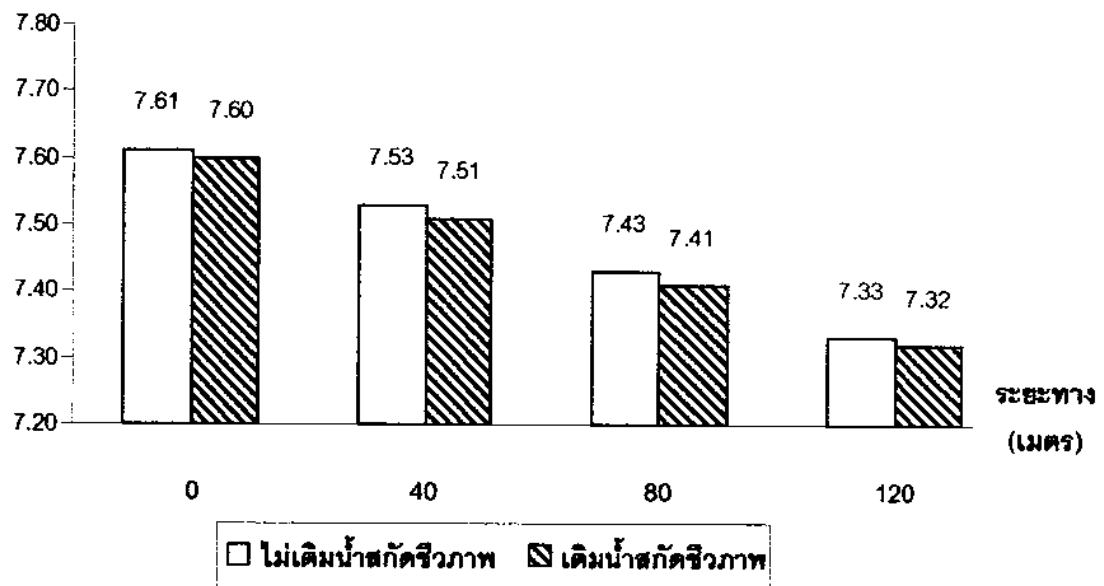
คุณภาพของน้ำทั้ง	ปฏิสัมพันธ์	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	ไม่เติมน้ำสกักชีวภาพ				เติมน้ำสกักชีวภาพ			
			ระยะทาง (เมตร)				ระยะทาง (เมตร)			
			0	40	80	120	0	40	80	120
ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)	N.I.	5 - 9	7.61 ^a	7.53 ^{ab}	7.43 ^{cd}	7.33 ^{ef}	7.60 ^{ab}	7.51 ^{bc}	7.41 ^{de}	7.32 ^f
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	N.I.	2.00	21.00 ^a	16.50 ^{abc}	14.50 ^{bcd}	10.00 ^d	19.50 ^{ab}	16.00 ^{abc}	12.00 ^{cd}	9.00 ^d
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	N.I.	n/a	58.50 ^a	52.50 ^{ab}	39.50 ^{cd}	36.00 ^{cd}	56.00 ^{ab}	46.00 ^{bc}	42.00 ^{cd}	34.50 ^d
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	N.I.	5.00	1.00 ^a	0.90 ^{ab}	0.50 ^{cd}	0.15 ^e	1.00 ^a	0.70 ^{bc}	0.45 ^d	0.10 ^e
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	N.I.	0.50	3.92 ^a	3.16 ^b	1.40 ^d	0.84 ^{de}	3.92 ^a	2.10 ^c	1.12 ^{de}	0.70 ^e
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	N.I.	n/a	3.55 ^a	3.43 ^{ab}	3.07 ^{bc}	2.70 ^{cd}	3.35 ^{ab}	3.13 ^b	2.57 ^{de}	2.20 ^e
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10 ³ MPN/100 ml.)	N.I.	20.00	27.00 ^a	27.00 ^a	21.50 ^{ab}	18.00 ^{bc}	27.00 ^a	22.00 ^{ab}	15.50 ^{bc}	11.50 ^c
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10 ³ MPN/100 ml.)	N.I.	4.00	23.00 ^a	20.00 ^a	15.00 ^b	11.50 ^{bc}	21.00 ^a	13.00 ^{bc}	14.00 ^{bc}	10.00 ^c

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

N.I. คือ การไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเติมน้ำสกักชีวภาพกับระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสีย

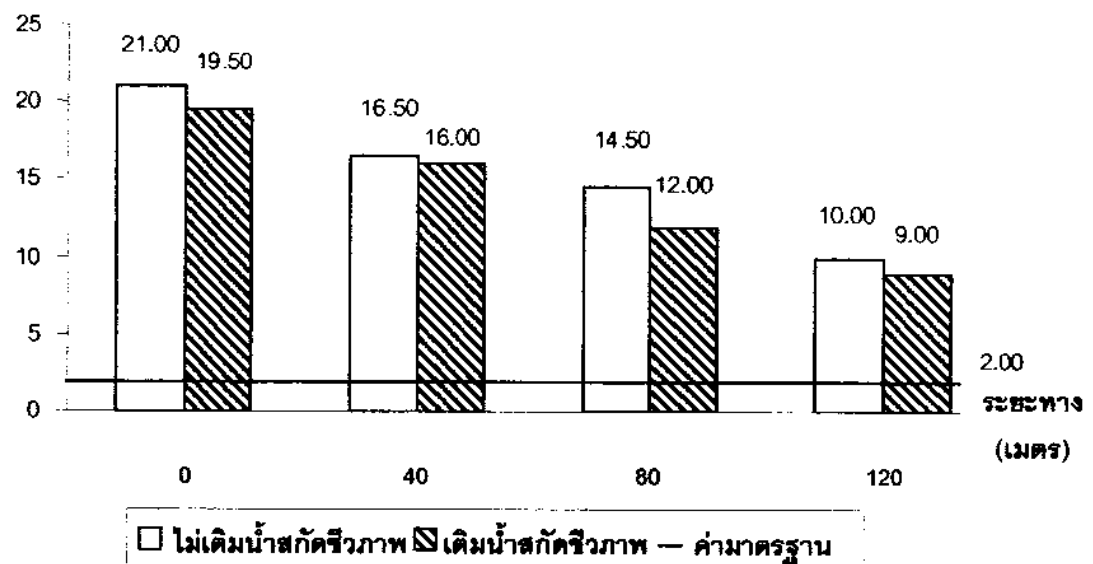
n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้

ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)



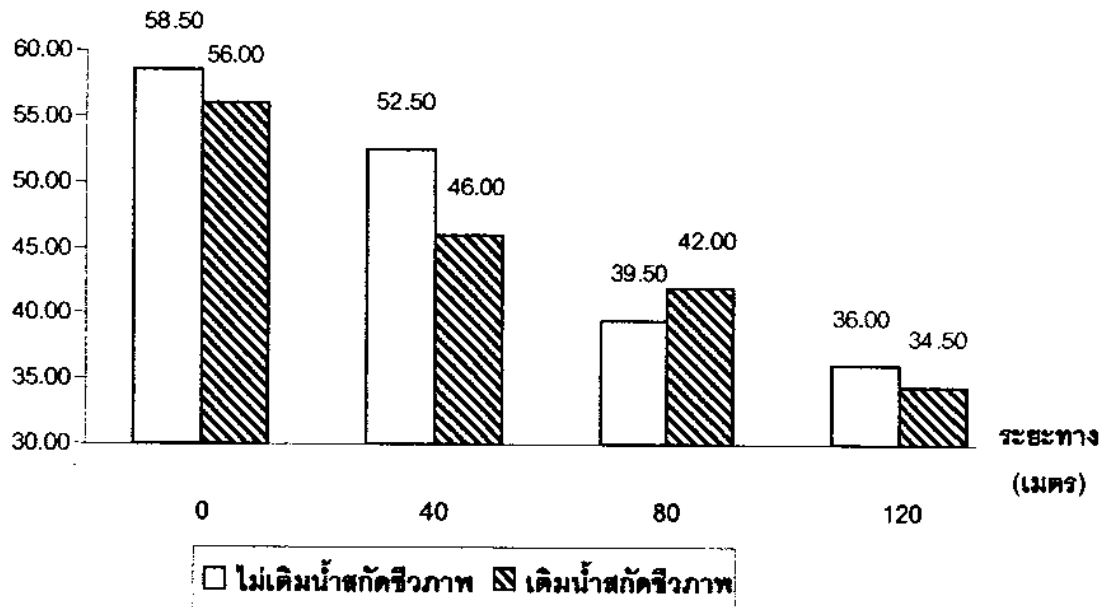
ภาพที่ 4.17 ค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกักชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)



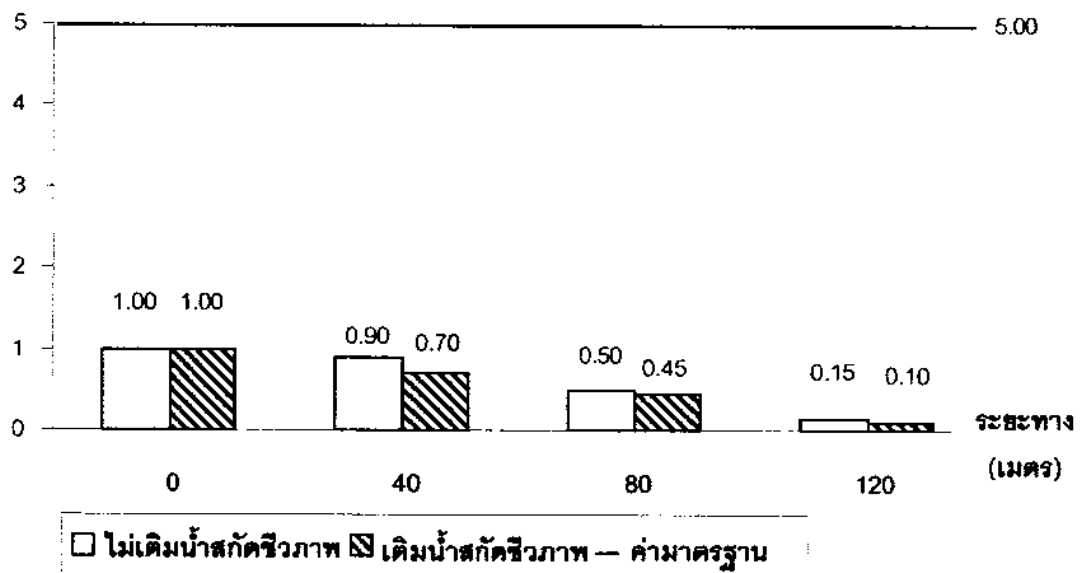
ภาพที่ 4.18 ค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกักชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)



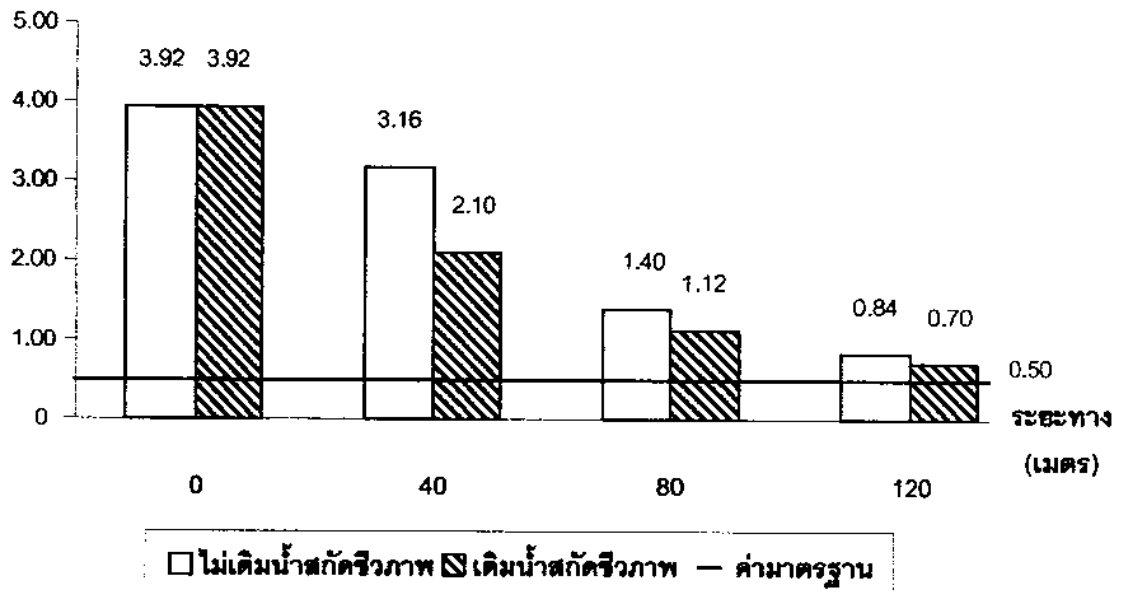
ภาพที่ 4.19 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)



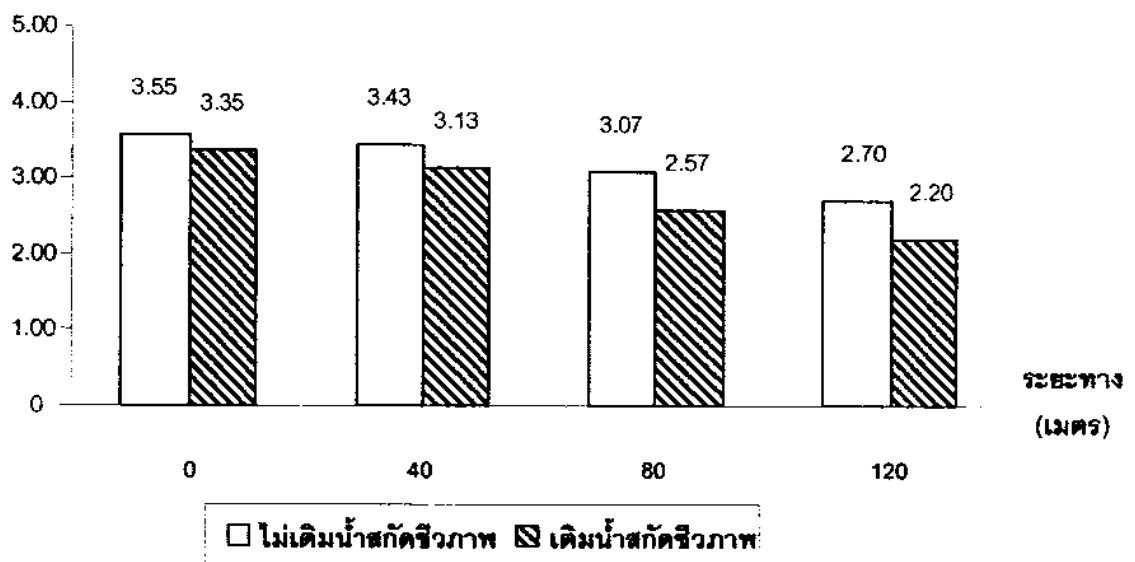
ภาพที่ 4.20 ปริมาณไนเตรทของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)



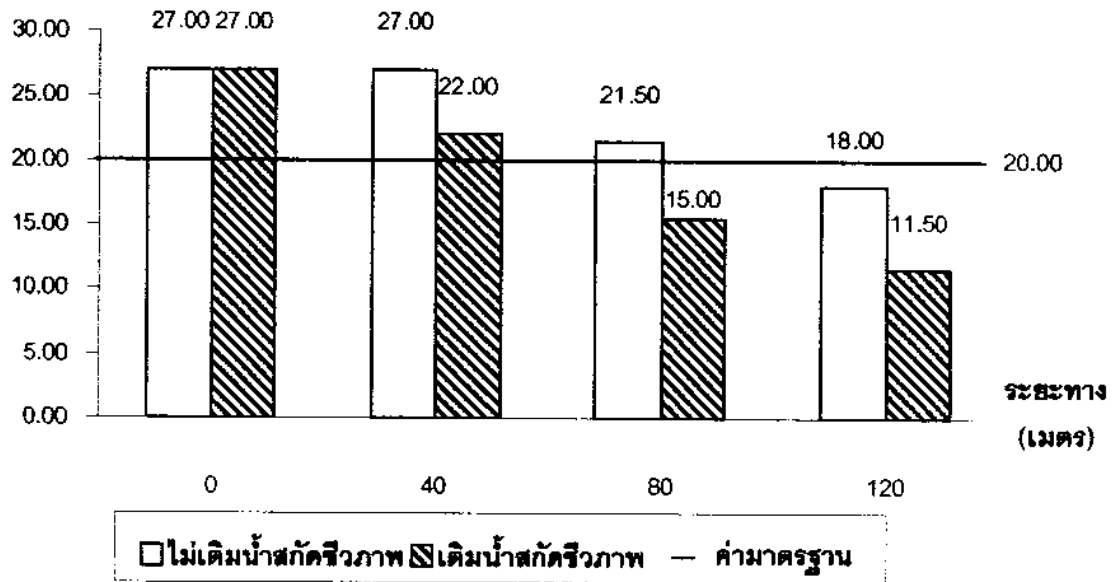
ภาพที่ 4.21 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)



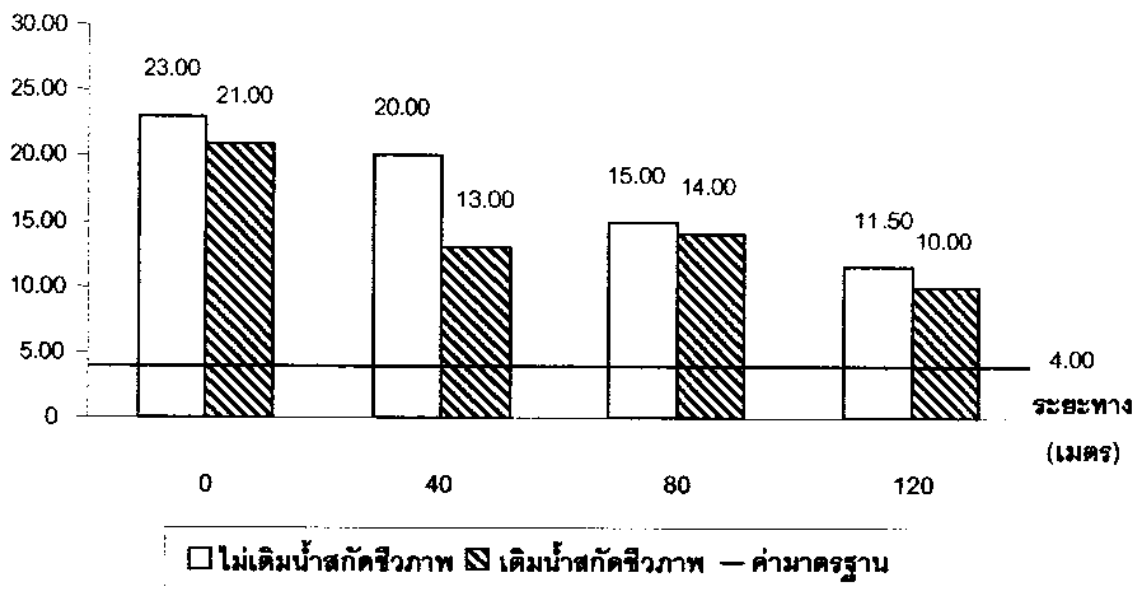
ภาพที่ 4.22 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด
(10^3 MPN/100 ml.)



ภาพที่ 4.23 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด
(10^3 MPN/100 ml.)



ภาพที่ 4.24 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพ กรณีศึกษา รวงลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเื้อง ที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางของรวงลำเลียงน้ำเสียเท่ากับ 0, 40, 80 และ 120 เมตร สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 อิทธิพลของน้ำสกัดชีวภาพที่มีต่อคุณภาพน้ำทั้งรวงลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเื้อง

ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำทั้งของรวงลำเลียงน้ำเสียที่ไม่มีการเติมและมีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ พบว่า ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.47 และ 7.46 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ค่าบีโอดีในน้ำทั้งของรวงลำเลียงน้ำเสียที่ไม่มีการเติมและมีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.50 และ 14.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ขณะที่ยังมีค่าเกินมาตรฐานของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณของแข็งแขวนลอยของรวงลำเลียงน้ำเสียที่ไม่มีการเติมและมีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.63 และ 44.63 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการบำบัดโดยการเติมน้ำสกัดชีวภาพสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ประมาณร้อยละ 4.29

ปริมาณไนเตรทของรวงลำเลียงน้ำเสียที่ไม่มีการเติมและมีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ ไม่มีความแตกต่างกัน การบำบัดที่ไม่มีการเติมและมีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 และ 0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งการบำบัดที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพทำให้ปริมาณไนเตรทมีปริมาณลดลงคิดเป็นร้อยละ 12.50 โดยปริมาณไนเตรททั้งที่ไม่มีการเติมและมีการเติมน้ำสกัด

ชีวภาพมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.33 และ 1.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีความแตกต่างกัน โดยการบำบัดโดยการเติมน้ำสกัดชีวภาพสามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้ถึงร้อยละ 15.88 แต่ยังมีค่าเกินมาตรฐานของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำทิ้งที่มีการบำบัดโดยไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ พบว่า ให้ผลในการบำบัดแตกต่างกัน ซึ่งการบำบัดที่ไม่มีการเติมและมีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 และ 2.81 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการบำบัดที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพสามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสรวมได้ร้อยละ 11.91

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.38×10^3 และ 19.00×10^3 เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพนั้นมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 20.00×10^3 เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร แต่หลังจากการบำบัดแล้วปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มมีค่าลดลงจนอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน โดยการบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพนั้น ให้ผลในการบำบัดแตกต่างกัน ซึ่งสามารถลดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มลงได้ร้อยละ 18.73

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.38×10^3 และ 14.50×10^3 เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งการบำบัดที่ไม่มีการเติมและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพนั้นมีค่าแบคทีเรียกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์มเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 4.00×10^3 เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร อย่างไรก็ตาม การบำบัดที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพนั้น ให้ผลในการบำบัดแตกต่างกัน ซึ่งสามารถลดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์มลงได้ร้อยละ 16.57

สรุปโดยรวมแล้วการบำบัดน้ำทิ้งในโรงฆ่าเลี้ยงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง โดยการบำบัดที่ไม่มีการเติมและที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพนั้นให้ผลไม่แตกต่างกันในค่าความเป็นกรด - ด่าง ค่าบีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย และปริมาณไนเตรท ส่วนปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิคัลโคลิฟอร์มให้ผลแตกต่างกันในการบำบัด อย่างไรก็ตามคุณภาพของน้ำ

ทั้งที่ผ่านการบำบัดโดยการเติมน้ำลัดชีวภาพแล้วอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน คือ ค่าความเป็นกรด – ด่าง ปริมาณไนเตรท และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ส่วนค่าบีโอดี ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มนั้นมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอย และปริมาณฟอสฟอรัสรวมนั้นมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้

5.1.2 อิทธิพลของระยะทางรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิการรณรงค์รักษาสิ่งแวดล้อมต่อคุณภาพน้ำทิ้ง

ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำทิ้งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.32 – 7.60 ซึ่งค่าความเป็นกรด – ด่างที่ระยะ 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีความแตกต่างกัน โดยระยะที่สามารถลดค่าความเป็นกรด – ด่างได้มากที่สุด คือ ที่ระยะ 120 เมตร โดยค่าความเป็นกรด – ด่างทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งที่ระยะทางต่าง ๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.50 – 20.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และค่าบีโอดีที่ระยะทาง 0 เมตร มีค่าบีโอดีลดลงแตกต่างกับที่ระยะ 40, 80 และ 120 เมตร โดยระยะทางที่ 120 เมตร สามารถลดค่าบีโอดีลงได้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.09

ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ระยะทางต่าง ๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 35.25 – 57.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งที่ระยะทาง 0, 40, 80 และ 120 เมตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยระยะทาง 120 เมตร สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยลงได้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 38.43

ปริมาณไนเตรทของน้ำทิ้งที่ระยะทางต่าง ๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.13 – 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งที่ระยะ 0, 40, 80 และ 120 เมตร มีความแตกต่างกัน โดยที่ระยะทาง 120 เมตร ปริมาณไนเตรทมีค่าลดลงสูงสุดเมื่อเทียบกับระยะทางเริ่มต้น ซึ่งมีปริมาณไนเตรทหลงเหลืออยู่ในระบบ คิดเป็น ร้อยละ 87.00 แต่ค่าทั้งหมดยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน

ปริมาณแอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ระยะทางต่าง ๆ นั้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.77 – 3.92 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณแอมโมเนียมีค่าลดลงแตกต่างกันตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น ซึ่งที่ระยะ 120 เมตร มีปริมาณแอมโมเนียลดลงจากระยะเริ่มต้น คิดเป็นร้อยละ 80.36 อย่างไรก็ตามปริมาณแอมโมเนียในทุกระยะบำบัดยังมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำทิ้งที่ระยะทางต่าง ๆ พบว่า เมื่อระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียเพิ่มขึ้นสามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสรวมได้แตกต่างกัน โดยปริมาณฟอสฟอรัสรวม

ที่ระยะทาง 0 เมตร มีค่าเท่ากับ 3.45 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ที่ระยะทาง 120 เมตร มีค่าเท่ากับ 2.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณลดลงเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 28.99

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ระยะทางต่าง ๆ มีค่าอยู่ในช่วง $14.75 \times 10^3 - 27.00 \times 10^3$ เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งที่ระยะ 0 และ 120 เมตร ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลงอย่างแตกต่างกัน โดยปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดที่ระยะทาง 120 เมตร มีปริมาณลดลงจากระยะเริ่มต้นเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 45.37

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ระยะทางต่าง ๆ มีค่าอยู่ในช่วง $10.00 \times 10^3 - 23.00 \times 10^3$ เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งที่ระยะ 0, 40, 80 และ 120 เมตร ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มลดลงแตกต่างกัน โดยปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มทั้งหมดที่ระยะทาง 120 เมตร มีปริมาณลดลงจากระยะเริ่มต้นเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 56.52

สรุปโดยรวมแล้วคุณภาพของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดที่ระยะทางมากขึ้น มีผลทำให้คุณภาพของน้ำทิ้งดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดที่ระยะทางแตกต่างกันนั้น อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน คือ ค่าความเป็นกรด – ด่าง ปริมาณไนเตรท และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ส่วนค่าบีโอดี ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มนั้นมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอยและปริมาณฟอสฟอรัสรวมนั้น มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินยังไม่ได้กำหนดไว้

5.1.3 อิทธิพลร่วมระหว่างน้ำสกักชีวภาพและระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียที่มีผลต่อคุณภาพน้ำทิ้งของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเขือง

การเติมน้ำสกักชีวภาพและระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียไม่มีอิทธิพลร่วมกันที่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด – ด่าง ค่าบีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณไนเตรท ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิซิลโคลิฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นั่นคือ การเติมน้ำสกักชีวภาพและระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียต่างก็มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำ แต่ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน โดยเมื่อมีความแตกต่างของการเติมหรือไม่เติมน้ำสกักชีวภาพคุณภาพของน้ำทิ้งที่ระยะทางต่าง ๆ ยังมีความเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ไม่แตกต่างกัน และในลักษณะเดียวกันเมื่อใช้ระยะทางการบำบัดที่แตกต่างกัน คุณภาพน้ำของการเติมและไม่เติมน้ำสกักชีวภาพก็ยังคงมีความเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ไม่แตกต่างกัน แม้จะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การบำบัดโดย

การเติมน้ำสกัดชีวภาพและระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียที่มากขึ้นให้ผลในการบำบัดน้ำทิ้งไม่แตกต่างจากการบำบัดโดยการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพและระยะทางของรางลำเลียงน้ำเสียที่มากขึ้น

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะ 120 เมตร เป็นสภาวะที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะอื่น ๆ ในการบำบัดน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าความเป็นกรด – ด่าง บีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ไนเตรท แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสรวม แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนี้คุณภาพน้ำทิ้งของมูลนิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้องที่มีการบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ ทั้งหมดนั้นมีคุณภาพที่ดีกว่าคุณภาพของน้ำเสียชุมชนทั่วไป ซึ่งน้ำเสียจากชุมชนทั่วไปจะมีลักษณะต่าง ๆ ตามตารางที่ 5.1

อย่างไรก็ตาม การเติมน้ำสกัดชีวภาพจะให้ผลในการบำบัดน้ำทิ้งได้ไม่แตกต่างกับการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพ แต่ในการเติมน้ำสกัดชีวภาพนั้นก็ช่วยในการบำบัดเรื่องกลิ่นของน้ำทิ้งได้เป็นอย่างดี และน้ำสกัดชีวภาพที่ทางมูลนิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้องผลิตขึ้นนั้นมีต้นทุนในการผลิตที่ไม่สูง และยังสามารถนำน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นนั้นไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อีกด้วย ดังนั้นในการบำบัดน้ำทิ้งของทางมูลนิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้องจึงควรนำน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นเองมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งด้วย

ตารางที่ 5.1 คุณลักษณะของน้ำเสียชุมชนทั่วไป

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	น้อย	ปานกลาง	มาก
1. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	350	720	1,200
- ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids)	250	500	850
- ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	100	220	350
2. ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)	5	10	20
3. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)	110	220	400
4. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)	250	500	1,000
5. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total as Nitrogen)	20	40	85
- อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen)	8	15	35
- แอมโมเนีย (Free Ammonia)	12	25	50

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	น้อย	ปานกลาง	มาก
- ไนไตรท์ (Nitrites)	0	0	0
- ไนเตรท (Nitrate)	0	0	0
6. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as Phosphorus)			
- สารอินทรีย์ฟอสฟอรัส (Organic Phosphorus)	4	8	15
- สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Inorganic Phosphorus)	1	3	5
7. คลอไรด์ (Chloride)	30	50	100
8. ซัลเฟต (Sulfate)	20	30	50
9. สภาพด่าง (Alkalinity as CaCO ₃)	50	100	200
10. ไขมัน (Grease)	50	100	150
11. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform) (เอ็ม ที เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร)	10 ⁶ – 10 ⁷	10 ⁷ – 10 ⁸	10 ⁷ – 10 ⁹

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2549.

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้างนี้เป็นการประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพ กรณีศึกษา รวงลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพและไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางของรวงลำเลียงน้ำเสียเท่ากับ 0, 40, 80 และ 120 เมตร จึงมีข้อเสนอแนะเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการบำบัดน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง และมีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในครั้งต่อไปซึ่งควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมบางประการ ดังต่อไปนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการจัดการบำบัดน้ำเสียของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

5.2.1.1 จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ระยะทางที่ดีที่สุดในการบำบัดน้ำเสียในครั้งนี้ คือ ระยะ 120 เมตร ซึ่งเป็นระยะทั้งหมดของรวงลำเลียงน้ำเสียอยู่แล้ว และเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการบำบัด ควรมีการปลูกพืชที่มีความสามารถในการช่วยดูดซับสิ่งสกปรกและช่วยในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้นด้วย เช่น การใช้ผักกระเฉด ผักตบชวา เป็นต้น

5.2.1.2 อาจมีการเติมอากาศลงไปใต้น้ำเพื่อช่วยให้จุลินทรีย์ทำงานได้ดีขึ้น

5.2.1.3 ควรมีการทำให้น้ำไหลอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อไม่ให้น้ำที่อยู่ช่วงกลางไปจนถึงช่วงท้ายของรางลำเลียงอยู่นิ่ง เพราะอาจส่งผลให้คุณภาพน้ำแย่ลงได้

5.2.1.4 แม้ว่าการเติมน้ำสกัดชีวภาพจะให้ผลในการบำบัดไม่แตกต่างกับการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพ แต่ก็ควรนำน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นเองมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งเพื่อช่วยบำบัดในเรื่องกลิ่นของน้ำทิ้งได้

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในครั้งต่อไป

5.2.2.1 ควรมีการศึกษาถึงการทำงานของจุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพเมื่อถูกเติมลงในน้ำเสีย โดยจุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพได้ตายไป และกลายเป็นอาหารให้กับจุลินทรีย์ในธรรมชาติ แล้วส่งผลให้จุลินทรีย์ในธรรมชาติเจริญเติบโตได้ดีขึ้น และสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีขึ้นหรือไม่ อย่างไร

5.2.2.2 ควรมีการศึกษาถึงปริมาณที่เหมาะสมของการใช้น้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้ง

5.2.2.3 ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้มีการศึกษาถึงอัตราการไหลของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ดังนั้น ควรมีการศึกษาถึงระยะเวลาในการไหลของน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียของมูลนิธิสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้องว่าใช้ระยะเวลาเท่าไรที่น้ำทิ้งจากจุดเริ่มต้น (0 เมตร) จะเดินทางมาถึงที่จุดสุดท้าย (120 เมตร) จะได้นำมาคำนวณ และทราบอัตราการไหลของน้ำ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการมากขึ้นในการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพ

5.2.2.4 ควรมีการศึกษาถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพร่วมด้วย เช่น การเติมอากาศและไม่เติมอากาศ

5.2.2.5 เนื่องด้วยการทดลองในครั้งนี้ทำการทดลองในฤดูร้อน ซึ่งค่อนข้างแห้งแล้งทำให้น้ำในรางลำเลียงน้ำเสียมีปริมาณน้อย ดังนั้น การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาในช่วงฤดูฝนหรือฤดูหนาว เพื่อทำการเปรียบเทียบว่าฤดูการมีผลต่อการบำบัดน้ำเสียหรือไม่

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ตารางที่ ก. 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

คุณภาพน้ำ ^๒	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด ^๓ ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ ^๔				
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
			1	2	3	4	5
1. สี กลิ่นและรส (Colour, Odour and Taste)		-	๓	๓ ¹	๓ ¹	๓ ¹	-
2. อุณหภูมิ (Temperature)		°C	๓	๓ ¹	๓ ¹	๓ ¹	-
3. ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	๓	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	-
4. ออกซิเจนละลาย (DO) ^๕	P20	มก./ล. (mg/l)	๓	6.0	4.0	2.0	-
5. บีโอดี (BOD)	P80	"	๓	1.5	2.0	4.0	-
6. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	ซีเอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. (MPN/100ml)	๓	5,000	20,000	-	-
7. แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P80	"	๓	1,000	4,000	-	-
8. ไนเตรต (NO ₃) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล. (mg/l)	๓	5.0	5.0	5.0	-
9. แอมโมเนีย (NH ₃) ในหน่วยไนโตรเจน		"	๓	0.5	0.5	0.5	-
10. ฟีนอล (Phenols)		"	๓	0.005	0.005	0.005	-
11. ทองแดง (Cu)		"	๓	0.1	0.1	0.1	-
12. นิกเกิล (Ni)		"	๓	0.1	0.1	0.1	-
13. แมงกานีส (Mn)		"	๓	1.0	1.0	1.0	-
14. สังกะสี (Zn)		"	๓	1.0	1.0	1.0	-
15. แคดเมียม (Cd)		"	๓	0.005*	0.005*	0.005*	-
				0.05**	0.05**	0.05**	-
16. โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)		"	๓	0.05	0.05	0.05	-
17. ตะกั่ว (Pb)		"	๓	0.05	0.05	0.05	-
18.ปรอททั้งหมด (Total Hg)		"	๓	0.002	0.002	0.002	-
19. สารหนู (As)		"	๓	0.01	0.01	0.01	-
20. ไซยาไนด์ (Cyanide)		"	๓	0.005	0.005	0.005	-

ตารางที่ ก. 1 (ต่อ)

คุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท
			1	2	3	4	5
21. กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)							
- ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)		เบคเคอเรล/ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
- ค่ารังสีเบตา (Beta)		"	ธ	1.0	1.0	1.0	-
22. สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล.	ธ	0.05	0.05	0.05	-
23. ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
24. บีเฮซีชนิดแอลฟา (Alpha - BHC)		"	ธ	0.02	0.02	0.02	-
25. ดีลด์ริน (Dieldrin)		"	ธ	0.2	0.2	0.2	-
26. อัลดริน (Aldrin)		"	ธ	0.1	0.1	0.1	-
27. เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)		"	ธ	0.2	0.2	0.2	-
28. เอนดริน (Endrin)		"	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

แหล่งที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ใน ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

หมายเหตุ: 1/ การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
- (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
- (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
- (3) การประมง
- (4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- (2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
- (2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2 – 4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติและแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

3/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ¹ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

°ซ องศาเซลเซียส

P20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

มล. มิลลิลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ ข. 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างของตัวอย่างน้ำ
ทั้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำ
สกัดชีวภาพ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	0.175	0.025	18.290	3.50	6.18
A	1	0.001	0.001	0.553	5.32	11.26
B	3	0.174	0.058	42.452	4.07	7.59
AB	3	0.000	0.000	0.041	4.07	7.59
ERROR	8	0.011	0.001			
TOTAL	15	0.186	0.012			

Grand Mean = 7.465625047683716 CV = .4955588555538036
 Factor A Factor B
 add dis
 a1 d0
 a2 d40
 d80
 d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   pH   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   2   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   0.00136875 *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   0.01308026 *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1		7.4725	A
a2		7.45875	A

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1		7.4725	A
a2		7.45875	A

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าบีโอดี (BOD) ของตัวอย่างน้ำทิ้งใน
 รางลำเลียงน้ำเสีย ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัด
 ชีวภาพ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	258.938	36.991	6.803	3.50	6.18
A	1	7.563	7.563	1.391	5.32	11.26
B	3	249.188	83.063	15.276	4.07	7.59
AB	3	2.188	0.729	0.134	4.07	7.59
ERROR	8	43.500	5.438			
TOTAL	15	302.438	20.163			

Grand Mean = 14.8125 CV = 15.74241190394737
 Factor A Factor B
 add dis
 a1 do
 a2 d40
 d80
 d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION             =   BOD   *
*   NUMBER OF MEANS                    =   2   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM            =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                  =   5.43750000   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN             =   0.82443162   *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1		15.5	A
a2		14.125	A

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1		15.5	A
a2		14.125	A

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งแขวนลอยของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสถานะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	1175.750	167.964	9.204	3.50	6.18
A	1	16.000	16.000	0.877	5.32	11.26
B	3	1118.750	372.917	20.434	4.07	7.59
AB	3	41.000	13.667	0.749	4.07	7.59
ERROR	8	146.000	18.250			
TOTAL	15	1321.750	88.117			

Grand Mean = 45.625 CV = 9.363291775690445
 Factor A Factor B
 add dis
 a1 d0
 a2 d40
 d80
 d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION             =   SS   *
*   NUMBER OF MEANS                     =   2   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM             =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                   =  18.25000000 *
*   STANDARD ERROR OF MEAN              =  1.51038075 *
*****
```

```
NAME      ID      MEAN      RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1         46.625    A
a2         44.625    A
```

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

```
NAME      ID      MEAN      RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1         46.625    A
a2         44.625    A
```

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนเตรทของตัวอย่างน้ำทิ้งในราง
ลำเลียงน้ำเสีย ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัด
ชีวภาพ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	1.810	0.259	29.551	3.50	6.18
A	1	0.023	0.023	2.571	5.32	11.26
B	3	1.765	0.588	67.238	4.07	7.59
AB	3	0.023	0.008	0.857	4.07	7.59
ERROR	8	0.070	0.009			
TOTAL	15	1.880	0.125			

Grand Mean = .6000000019557774 CV = 15.59024020570954

Factor A

Factor B

add

dis

a1

d0

a2

d40

d80

d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   NO3- N   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   2   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM          =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                =   0.00875000   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN           =   0.03307189   *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1		.6375	A
a2		.5625	A

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1		.6375	A
a2		.5625	A

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียของตัวอย่างน้ำทิ้งใน
 โรงล้างน้ำเสีย ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำสกัด
 ชีวภาพ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	25.460	3.637	61.648	3.50	6.18
A	1	0.548	0.548	9.281	5.32	11.26
B	3	24.239	8.080	136.942	4.07	7.59
AB	3	0.674	0.225	3.808	4.07	7.59
ERROR	8	0.472	0.059			
TOTAL	15	25.932	1.729			

Grand Mean = 2.144999980926514 CV = 11.32396522820523

Factor A

Factor B

add

dis

a1

d0

a2

d40

d80

d120

```

*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   NH3-N   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   2   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   0.05899995   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   0.08587778   *
*****

```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1		2.33	A
a2		1.96	A

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1		2.33	A
a2		1.96	B

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสรวมของตัวอย่างน้ำ
ทั้งในรังลำเลียงน้ำเสีย ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ และที่มีการเติมน้ำ
สกัดชีวภาพ

SOURCE	df	SS	MS	F	F. 05	F. 01
TREATMENT	7	3.072	0.439	16.165	3.50	6.18
A	1	0.555	0.555	20.443	5.32	11.26
B	3	2.452	0.817	30.105	4.07	7.59
AB	3	0.065	0.022	0.799	4.07	7.59
ERROR	8	0.217	0.027			
TOTAL	15	3.289	0.219			

Grand Mean = 2.998750001192093 CV = 5.494708605311496

Factor A

Factor B

add

dis

a1

d0

a2

d40

d80

d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   TP   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   2   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   0.02715000   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   0.05825590   *
*****
```

```
NAME      ID      MEAN      RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1              3.185      A
a2              2.8125     B
```

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

```
NAME      ID      MEAN      RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1              3.185      A
a2              2.8125     B
```

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด
ของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ
และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	476.938	68.134	6.528	3.50	6.18
A	1	76.563	76.563	7.335	5.32	11.26
B	3	373.688	124.563	11.934	4.07	7.59
AB	3	26.688	8.896	0.852	4.07	7.59
ERROR	8	83.500	10.438			
TOTAL	15	560.438	37.363			

Grand Mean = 21.1875 CV = 15.24819821040718
 Factor A Factor B
 add dis
 a1 d0
 a2 d40
 d80
 d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   TC   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   2   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =  10.43750000 *
*   STANDARD ERROR OF MEAN           =   1.14222918 *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1		23.375	A
a2		19	A

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1		23.375	A
a2		19	B

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มพีคัลโคลิฟอร์ม
ของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสีย ในสภาวะที่ไม่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ
และที่มีการเติมน้ำสกัดชีวภาพ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	320.438	45.777	14.948	3.50	6.18
A	1	33.063	33.063	10.796	5.32	11.26
B	3	264.188	88.063	28.755	4.07	7.59
AB	3	23.188	7.729	2.524	4.07	7.59
ERROR	8	24.500	3.063			
TOTAL	15	344.938	22.996			

Grand Mean = 15.9375 CV = 10.98039215686275
 Factor A Factor B
 add dis
 a1 d0
 a2 d40
 d80
 d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION             =   FC   *
*   NUMBER OF MEANS                     =   2   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM             =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                   =   3.06250000 *
*   STANDARD ERROR OF MEAN              =   0.61871843 *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1		17.375	A
a2		14.5	A

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1		17.375	A
a2		14.5	B

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด - ด่างของตัวอย่างน้ำ
ทั้งในวงลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	0.175	0.025	18.290	3.50	6.18
A	1	0.001	0.001	0.553	5.32	11.26
B	3	0.174	0.058	42.452	4.07	7.59
AB	3	0.000	0.000	0.041	4.07	7.59
ERROR	8	0.011	0.001			
TOTAL	15	0.186	0.012			

Grand Mean = 7.465625047683716 CV = .495558855538036

Factor A

Factor B

add

dis

a1

d0

a2

d40

d80

d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST                               *
*   PROBLEM IDENTIFICATION      =      pH                          *
*   NUMBER OF MEANS              =      4                          *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM      =      8                          *
*   ERROR MEAN SQUARE            =      0.00136875                  *
*   STANDARD ERROR OF MEAN       =      0.01849828                  *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
d0		7.6	A
d40		7.52	A
d80		7.42	B
d120		7.3225	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
d0		7.6	A
d40		7.52	B
d80		7.42	C
d120		7.3225	D

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าบีโอดี (BOD) ของตัวอย่างน้ำทิ้งใน
รางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	258.938	36.991	6.803	3.50	6.18
A	1	7.563	7.563	1.391	5.32	11.26
B	3	249.188	83.063	15.276	4.07	7.59
AB	3	2.188	0.729	0.134	4.07	7.59
ERROR	8	43.500	5.438			
TOTAL	15	302.438	20.163			

Grand Mean = 14.8125 CV = 15.74241190394737
 Factor A Factor B
 add dis
 a1 d0
 a2 d40
 d80
 d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION             =   BOD   *
*   NUMBER OF MEANS                     =   4   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM             =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                   =   5.43750000   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN              =   1.16592238   *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
d0		20.25	A
d40		16.25	AB
d80		13.25	BC
d120		9.5	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
d0		20.25	A
d40		16.25	B
d80		13.25	BC
d120		9.5	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งแขวนลอยของตัวอย่าง
น้ำทิ้งในโรงลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	1175.750	167.964	9.204	3.50	6.18
A	1	16.000	16.000	0.877	5.32	11.26
B	3	1118.750	372.917	20.434	4.07	7.59
AB	3	41.000	13.667	0.749	4.07	7.59
ERROR	8	146.000	18.250			
TOTAL	15	1321.750	88.117			

Grand Mean = 45.625 CV = 9.363291775690445

Factor A	Factor B
add	dis
a1	d0
a2	d40
	d80
	d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   SS   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   4   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   18.25000000   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   2.13600094   *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
d0		57.25	A
d40		49.25	AB
d80		40.75	BC
d120		35.25	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
d0		57.25	A
d40		49.25	B
d80		40.75	C
d120		35.25	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนเตรทของตัวอย่างน้ำทิ้งใน
รางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	1.810	0.259	29.551	3.50	6.18
A	1	0.023	0.023	2.571	5.32	11.26
B	3	1.765	0.588	67.238	4.07	7.59
AB	3	0.023	0.008	0.857	4.07	7.59
ERROR	8	0.070	0.009			
TOTAL	15	1.880	0.125			

Grand Mean = .6000000019557774 CV = 15.59024020570954

Factor A Factor B

add

dis

a1

d0

a2

d40

d80

d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   NO3-N   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   4   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   0.00875000   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   0.04677072   *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
d0	1	A	
d40	.8	A	
d80	.475	B	
d120	.125	C	

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
d0	1	A	
d40	.8	B	
d80	.475	C	
d120	.125	D	

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียของตัวอย่างน้ำทิ้ง
ในวงลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	25.460	3.637	61.648	3.50	6.18
A	1	0.548	0.548	9.281	5.32	11.26
B	3	24.239	8.080	136.942	4.07	7.59
AB	3	0.674	0.225	3.808	4.07	7.59
ERROR	8	0.472	0.059			
TOTAL	15	25.932	1.729			

Grand Mean = 2.144999980926514 CV = 11.32396522820523

Factor A Factor B

add

dis

a1

d0

a2

d40

d80

d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   NH3-N   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   4   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   0.05899995   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   0.12144952   *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
d0		3.92	A
d40		2.63	B
d80		1.26	C
d120		.77	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
d0		3.92	A
d40		2.63	B
d80		1.26	C
d120		.77	D

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสรวมของตัวอย่างน้ำ
ทั้งในรากลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	3.072	0.439	16.165	3.50	6.18
A	1	0.555	0.555	20.443	5.32	11.26
B	3	2.452	0.817	30.105	4.07	7.59
AB	3	0.065	0.022	0.799	4.07	7.59
ERROR	8	0.217	0.027			
TOTAL	15	3.289	0.219			

Grand Mean = 2.998750001192093 CV = 5.494708605311496

Factor A	Factor B
add	dis
a1	d0
a2	d40
	d80
	d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   TP   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   4   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   0.02715000 *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   0.08238629 *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
d0		3.45	A
d40		3.275	A
d80		2.82	B
d120		2.45	B

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
d0		3.45	A
d40		3.275	A
d80		2.82	B
d120		2.45	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม
ทั้งหมดของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	476.938	68.134	6.528	3.50	6.18
A	1	76.563	76.563	7.335	5.32	11.26
B	3	373.688	124.563	11.934	4.07	7.59
AB	3	26.688	8.896	0.852	4.07	7.59
ERROR	8	83.500	10.438			
TOTAL	15	560.438	37.363			

Grand Mean = 21.1875 CV = 15.24819821040718
 Factor A Factor B
 add dis
 a1 d0
 a2 d40
 d80
 d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION             =   TC   *
*   NUMBER OF MEANS                     =   4   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM             =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                   =  10.43750000 *
*   STANDARD ERROR OF MEAN              =  1.61535600 *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
d0		27	A
d40		24.5	AB
d80		18.5	BC
d120		14.75	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
d0		27	A
d40		24.5	A
d80		18.5	B
d120		14.75	B

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มที่คัลโคลิฟอร์ม
ของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ระยะทางต่างกัน

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	320.438	45.777	14.948	3.50	6.18
A	1	33.063	33.063	10.796	5.32	11.26
B	3	264.188	88.063	28.755	4.07	7.59
AB	3	23.188	7.729	2.524	4.07	7.59
ERROR	8	24.500	3.063			
TOTAL	15	344.938	22.996			

Grand Mean = 15.9375 CV = 10.98039215686275

Factor A	Factor B
add	dis
a1	d0
a2	d40
	d80
	d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   FC   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   4   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   3.06250000 *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   0.87500000 *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
d0		22	A
d40		16.5	B
d80		14.5	BC
d120		10.75	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
d0		22	A
d40		16.5	B
d80		14.5	B
d120		10.75	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างของตัวอย่างน้ำ
 ที่ลงในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง
 ต่าง ๆ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	0.175	0.025	18.290	3.50	6.18
A	1	0.001	0.001	0.553	5.32	11.26
B	3	0.174	0.058	42.452	4.07	7.59
AB	3	0.000	0.000	0.041	4.07	7.59
ERROR	8	0.011	0.001			
TOTAL	15	0.186	0.012			

Grand Mean = 7.465625047683716 CV = .495558855538036

Factor A	Factor B
add	dis
a1	d0
a2	d40
	d80
	d120

```
*****
*      DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST      *
*      PROBLEM IDENTIFICATION              =    pH      *
*      NUMBER OF MEANS                     =    8        *
*      ERROR DEGREE OF FREEDOM             =    8        *
*      ERROR MEAN SQUARE                   =    0.00136875 *
*      STANDARD ERROR OF MEAN              =    0.02616052 *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1d0		7.605	A
a2d0		7.595	A
a1d40		7.53	AB
a2d40		7.51	AB
a1d80		7.43	BC
a2d80		7.41	BC
a1d120		7.325	C
a2d120		7.32	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1d0		7.605	A
a2d0		7.595	AB
a1d40		7.53	AB
a2d40		7.51	BC
a1d80		7.43	CD
a2d80		7.41	DE
a1d120		7.325	EF
a2d120		7.32	F

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าบีโอดี (BOD) ของตัวอย่างน้ำทิ้งใน
 รางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	258.938	36.991	6.803	3.50	6.18
A	1	7.563	7.563	1.391	5.32	11.26
B	3	249.188	83.063	15.276	4.07	7.59
AB	3	2.188	0.729	0.134	4.07	7.59
ERROR	8	43.500	5.438			
TOTAL	15	302.438	20.163			

Grand Mean = 14.8125 CV = 15.74241190394737

Factor A	Factor B
add	dis
a1	d0
a2	d40
	d80
	d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   BOD   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   8   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   5.43750000   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   1.64886324   *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1d0		21	A
a2d0		19.5	AB
a1d40		16.5	ABC
a2d40		16	ABC
a1d80		14.5	ABC
a2d80		12	BC
a1d120		10	C
a2d120		9	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1d0		21	A
a2d0		19.5	AB
a1d40		16.5	ABC
a2d40		16	ABC
a1d80		14.5	BCD
a2d80		12	CD
a1d120		10	D
a2d120		9	D

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งแขวนลอยของตัวอย่างน้ำทิ้งในโรงบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	1175.750	167.964	9.204	3.30	6.18
A	1	16.000	16.000	0.877	5.32	11.26
B	3	1118.750	372.917	20.434	4.07	7.59
AB	3	41.000	13.667	0.749	4.07	7.59
ERROR	8	146.000	18.250			
TOTAL	15	1321.750	88.117			

Grand Mean = 45.625 CV = 9.363291775690445

Factor A	Factor B
add	dis
a1	d0
a2	d40
	d80
	d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST                               *
*   PROBLEM IDENTIFICATION      =      SS                        *
*   NUMBER OF MEANS              =      8                        *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM     =      8                        *
*   ERROR MEAN SQUARE           =      18.25000000              *
*   STANDARD ERROR OF MEAN      =      3.02076149              *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1d0		58.5	A
a2d0		56	AB
a1d40		52.5	ABC
a2d40		46	ABCD
a2d80		42	BCD
a1d80		39.5	CD
a1d120		36	D
a2d120		34.5	D

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1d0		58.5	A
a2d0		56	AB
a1d40		52.5	AB
a2d40		46	BC
a2d80		42	CD
a1d80		39.5	CD
a1d120		36	CD
a2d120		34.5	D

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนโตรเจนในดินตัวอย่างน้ำทิ้งในโรง
 ลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

SOURCE	df	SS	MS	F	F. 05	F. 01
TREATMENT	7	1.810	0.259	29.551	3.50	6.18
A	1	0.023	0.023	2.571	5.32	11.26
B	3	1.765	0.588	67.238	4.07	7.59
AB	3	0.023	0.008	0.857	4.07	7.59
ERROR	8	0.070	0.009			
TOTAL	15	1.880	0.125			

Grand Mean = .6000000019557774 CV = 15.59024020570954

Factor A

Factor B

add

dis

a1

d0

a2

d40

d80

d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   NO3-N   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   8   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   0.00875000   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   0.06614379   *
*****
```

NAME	ID	MEAN		RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1d0		1	A	
a2d0		1	A	
a1d40		.9	A	
a2d40		.7	AB	
a1d80		.5	B	
a2d80		.45	BC	
a1d120		.15	CD	
a2d120		.1	D	

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN		RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1d0		1	A	
a2d0		1	A	
a1d40		.9	AB	
a2d40		.7	BC	
a1d80		.5	CD	
a2d80		.45	D	
a1d120		.15	E	
a2d120		.1	E	

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียของตัวอย่างน้ำทิ้ง
ในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง
ต่าง ๆ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	25.460	3.637	61.648	3.50	6.18
A	1	0.548	0.548	9.281	5.32	11.26
B	3	24.239	8.080	136.942	4.07	7.59
AB	3	0.674	0.225	3.808	4.07	7.59
ERROR	8	0.472	0.059			
TOTAL	15	25.932	1.729			

Grand Mean = 2.144999980926514 CV = 11.32396322820523

Factor A	Factor B
add	dis
a1	d0
a2	d40
	d80
	d120

```
*****
*      DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST      *
*      PROBLEM IDENTIFICATION              =    NH3-N      *
*      NUMBER OF MEANS                     =    8          *
*      ERROR DEGREE OF FREEDOM             =    8          *
*      ERROR MEAN SQUARE                   =    0.05899995   *
*      STANDARD ERROR OF MEAN              =    0.17175556   *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1d0		3.92	A
a2d0		3.92	A
a1d40		3.16	A
a2d40		2.1	B
a1d80		1.4	BC
a2d80		1.12	C
a1d120		.84	C
a2d120		.7	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1d0		3.92	A
a2d0		3.92	A
a1d40		3.16	B
a2d40		2.1	C
a1d80		1.4	D
a2d80		1.12	DE
a1d120		.84	DE
a2d120		.7	E

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสรวมของตัวอย่างน้ำ
ทั้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ระยะทาง
ต่าง ๆ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	3.072	0.439	16.165	3.50	6.18
A	1	0.555	0.555	20.443	5.32	11.26
B	3	2.452	0.817	30.105	4.07	7.59
AB	3	0.065	0.022	0.799	4.07	7.59
ERROR	8	0.217	0.027			
TOTAL	15	3.289	0.219			

Grand Mean = 2.998750001192093 CV = 5.494708605311496

Factor A	Factor B
add	dis
a1	d0
a2	d40
	d80
	d120

```

*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   TP   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   8   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   0.02715000   *
*   STANDARD ERROR OF MEAN            =   0.11651180   *
*****

```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1d0		3.55	A
a1d40		3.425	A
a2d0		3.35	A
a2d40		3.125	AB
a1d80		3.065	AB
a1d120		2.7	BC
a2d80		2.575	BC
a2d120		2.2	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1d0		3.55	A
a1d40		3.425	AB
a2d0		3.35	AB
a2d40		3.125	B
a1d80		3.065	BC
a1d120		2.7	CD
a2d80		2.575	DE
a2d120		2.2	E

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม
ทั้งหมดของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำ
สกัดชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	476.938	68.134	6.528	3.50	6.18
A	1	76.563	76.563	7.335	5.32	11.26
B	3	373.688	124.563	11.934	4.07	7.59
AB	3	26.688	8.896	0.852	4.07	7.59
ERROR	8	83.500	10.438			
TOTAL	15	560.438	37.363			

Grand Mean = 21.1875 CV = 15.24819821040718
 Factor A Factor B
 add dis
 a1 d0
 a2 d40
 d80
 d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   TC   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   8   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM          =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =  10.43750000 *
*   STANDARD ERROR OF MEAN           =   2.28445836 *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a2d0		27	A
a1d40		27	A
a1d0		27	A
a2d40		22	AB
a1d80		21.5	AB
a1d120		18	AB
a2d80		15.5	AB
a2d120		11.5	B

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a2d0		27	A
a1d40		27	A
a1d0		27	A
a2d40		22	AB
a1d80		21.5	AB
a1d120		18	BC
a2d80		15.5	BC
a2d120		11.5	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMON DIFFER SIGNIFICANTLY
 BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ตารางที่ ข. 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม
ของตัวอย่างน้ำทิ้งในรางลำเลียงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมน้ำสกัด
ชีวภาพที่ระยะทางต่าง ๆ

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	7	320.438	45.777	14.948	3.50	6.18
A	1	33.063	33.063	10.796	5.32	11.26
B	3	264.188	88.063	28.755	4.07	7.59
AB	3	23.188	7.729	2.524	4.07	7.59
ERROR	8	24.500	3.063			
TOTAL	15	344.938	22.996			

Grand Mean = 15.9375 CV = 10.98039215686275

Factor A

Factor B

add

dis

a1

d0

a2

d40

d80

d120

```
*****
*   DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST   *
*   PROBLEM IDENTIFICATION           =   FC   *
*   NUMBER OF MEANS                   =   8   *
*   ERROR DEGREE OF FREEDOM           =   8   *
*   ERROR MEAN SQUARE                 =   3.06250000 *
*   STANDARD ERROR OF MEAN             =   1.23743687 *
*****
```

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
a1d0		23	A
a2d0		21	AB
a1d40		20	ABC
a1d80		15	BCD
a2d80		14	CD
a2d40		13	D
a1d120		11.5	D
a2d120		10	D

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
a1d0		23	A
a2d0		21	A
a1d40		20	A
a1d80		15	B
a2d80		14	BC
a2d40		13	BC
a1d120		11.5	BC
a2d120		10	C

MEANS NOT SHARING LETTER IN COMMOM DIFFER SIGNIFICANTLY
BY DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ภาคผนวก ค
วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์บีโอดี (BOD) โดยวิธี 5 – Days BOD Test

1. หลักการ

การหาบีโอดีเป็นกระบวนการทดสอบทางชีววิทยาเพื่อหาปริมาณค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อให้การวิเคราะห์เป็นปริมาณวิเคราะห์จึงต้องทำปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายคงที่ นั่นคือ ค่าบีโอดีมาตรฐานต้องบ่ม (Incubate) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

วิธีวิเคราะห์มี 2 วิธี คือ วิธีแบบโดยตรง (Direct Method) ใช้ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีค่าบีโอดีไม่เกิน 7 มิลลิกรัมต่อลิตร และวิธีแบบเจือจางใช้ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีความสกปรกสูง (มีค่าบีโอดีมากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร) จำเป็นต้องทำให้ตัวอย่างน้ำที่สกปรกเจือจางลงเพื่อให้มีออกซิเจนเพียงพอที่แบคทีเรียจะใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้น วิธีแบบเจือจางจะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ ไม่ต้องมีการเติมหัวเชื้อ (No Seeding) และต้องมีการเติมหัวเชื้อ (Seeding) โดยวิธีแบบไม่ใช้หัวเชื้อเหมาะสำหรับตัวอย่างน้ำเสียหรือน้ำทิ้งทั่วไปซึ่งมีจุลินทรีย์เพียงพอและมีพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายทางชีวภาพ ตัวอย่างน้ำจะต้องไม่ผ่านการเติมคลอรีนหรือความร้อนมาก่อน ส่วนวิธีแบบใช้หัวเชื้อเป็นวิธีที่ใช้สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งที่ไม่มีแบคทีเรียอยู่เลยหรือมีอยู่ปริมาณน้อยมากจำเป็นที่จะต้องหาแบคทีเรียจากที่อื่นมาช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 2.1 ขวดบีโอดี (BOD Bottle) ขนาด 250 – 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกปิดสนิท
- 2.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียส และต้องมี
- 2.3 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น กระบอกตวง บิวเรต ขวดรูปกรวย เป็นต้น
- 2.4 เครื่องจ่ายลม

3. สารเคมี

- 3.1 น้ำกลั่น

3.2 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ เตรียมโดย ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 8.5 กรัม ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 33.4 กรัม โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2PO_4) 21.75 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

3.3 สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมโดย ละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 22.5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

3.4 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เตรียมโดย ละลายแคลเซียมคลอไรด์ปราศจากน้ำ (Anhydrous CaCl_2) 27.5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

3.5 สารละลายเฟอริกคลอไรด์ เตรียมโดย ละลายเฟอริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 0.25 กรัม แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

3.6 สารละลายแมงกานีสซัลเฟต เตรียมโดย ละลายแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 364 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 480 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตไดไฮเดรต ($\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 400 กรัม ในน้ำกลั่น กรองแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

3.7 สารละลายอัลคาไลน์ – ไอโอไดด์ – เอไซด์ (Alkali – iodide – azide Reagent) เตรียมโดย ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัม และโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) 135 กรัม ในน้ำกลั่น เจือจางเป็น 1 ลิตร และละลายโซเดียมเอไซด์ (NaN_3) 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น

3.8 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (36 N)

3.9 น้ำแอมโมเนีย เตรียมโดย ละลายแอมโมเนีย 5 กรัม ในน้ำต้ม 800 มิลลิลิตร เติมน้ำให้ได้ 1 ลิตร ต้มให้เดือด 2 – 3 นาที ตั้งค้ำคืน ใช้น้ำใส เติมกรดซาลิไซลิก (Salicylic Acid) 1.25 กรัม ต่อน้ำแอมโมเนีย 1 ลิตร

3.10 สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล เตรียมโดย ละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 24.82 กรัม ในน้ำต้มที่เย็นแล้ว เติมน้ำได้ปริมาตร 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม ต่อสารละลาย 1 ลิตร

3.11 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล เตรียมโดยเจือจางสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล จำนวน 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัมต่อสารละลาย 1 ลิตร

3.12 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัล เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 1.226 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร

3.13 สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ 0.025 นอร์มัล เตรียมโดยละลายโซเดียมซัลไฟด์ปราศจากน้ำ (Na_2SO_3) 1.575 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

4. การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์

4.1 ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำเป็นด่างหรือกรด จะต้องปรับพีเอชให้เป็นกลาง (6.5 – 7.5) ก่อนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล หรือกรดซัลฟิวริก 1 นอร์มัล โดยที่ปริมาตรของด่างหรือกรดที่เติมจะต้องไม่เจือจางตัวอย่างมากเกินไปกว่าร้อยละ 0.5

4.2 ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีสารประกอบคลอรีนตกค้าง จะต้องกำจัดออกก่อนโดยให้ตั้งตัวอย่างน้ำทิ้งไว้ 1 – 2 ชั่วโมง คลอรีนตกค้างจะลดลงสลายไปเอง แต่ถ้าในตัวอย่างมีคลอรีนตกค้างปริมาณมาก ๆ ต้องกำจัดโดยการเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2SO_3) ซึ่งการหาปริมาณที่จะใช้เติมในตัวอย่างน้ำ หาได้โดยนำตัวอย่างน้ำมาในปริมาณที่เหมาะสม (100 – 1,000 มิลลิลิตร) เติมกรดอะซิติก (1+1) หรือกรดซัลฟิวริก (1+50) 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 มิลลิลิตร (เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) แล้วไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ 0.025 นอร์มัล โดยใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์ จนถึงจุดยุติ จากนั้นก็จะทราบปริมาณของโซเดียมซัลไฟด์ที่ใช้เติมลงไปในตัวอย่างน้ำที่จะหาค่าบีโอดี หลังจากเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ตามปริมาณที่คำนวณได้ลงในตัวอย่างแล้ว กวนให้เข้าตั้งทิ้งไว้ 10 – 20 นาที

4.3 ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำที่มีโลหะหนักหรือมีสารพิษเจือปนอยู่จะต้องศึกษาและกำจัดเสียก่อนเป็นเฉพาะกรณี

4.4 ตัวอย่างที่มีออกซิเจนละลายอยู่มากเกินไป เช่น ค่าออกซิเจนละลายมากกว่า 9 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจพบได้ในน้ำที่เย็นจัดหรือในน้ำที่มีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น ให้ลดออกซิเจนละลายอยู่ในชั้นอิมตัวโดยการเอาตัวอย่างใส่ขวดแล้วเขย่าแรง ๆ หรือโดยการเป่าอากาศลงไป ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสูญเสียออกซิเจนละลายในการวิเคราะห์

4.5 เมื่อมีการเก็บรักษาตัวอย่างโดยการแช่เย็นต้องทำให้ตัวอย่างอยู่ที่อุณหภูมิห้องก่อนทำการวิเคราะห์

4.6 ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำเกิดในทวีปเคชั่น ต้องทำการยับยั้งโดยเติม 2 - คลอโร 6 - ไตรคลอโรเมทิล (CTCMP) 3 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างขนาด 300 มิลลิลิตร หรือเติมในน้ำเจือจางจนมีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนก็ได้

5. วิธีวิเคราะห์บีโอดีแบบโดยตรง

5.1 วิธีวิเคราะห์

- 5.1.1 นำตัวอย่างน้ำมาปรับอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 20 องศาเซลเซียส
- 5.1.2 เติมอากาศให้มีออกซิเจนละลายอิ่มตัว
- 5.1.3 เติมตัวอย่างน้ำลงในขวดบีโอดีจนเต็ม 2 ขวด ปิดจุกให้สนิทและมีน้ำหล่อที่ปากขวด
- 5.1.4 นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลาย ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่เริ่มต้น
- 5.1.5 นำอีกขวดใส่ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบ 5 วันแล้ว นำตัวอย่างนั้นมาหาค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เหลืออยู่

5.2 การคำนวณ

$$\text{ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = DO_0 - DO_5$$

$$\text{เมื่อ } DO_0 = \text{ค่าออกซิเจนละลายที่โตเตรทได้ในวันแรก}$$

$$DO_5 = \text{ค่าออกซิเจนละลายที่โตเตรทได้ในวันที่ 5}$$

6. วิธีวิเคราะห์แบบเจือจางที่ไม่ต้องเติมหัวเชื้อ

6.1 วิธีเตรียมน้ำเจือจาง (Dilution Water)

- 6.1.1 ตวงน้ำกลั่นให้มากกว่าปริมาตรที่จะใช้ 1 ลิตร ใส่ขวดแอสไพเรเตอร์ (Aspirator Bottle) ที่สะอาด
- 6.1.2 เป่าอากาศที่สะอาดเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำอย่างน้อย 1 ชั่วโมง
- 6.1.3 เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ และเฟริกคลอไรด์ อย่างละ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร

6.2 วิธีวิเคราะห์

- 6.2.1 การเลือกปริมาณตัวอย่างที่จะใช้ ถ้าไม่ทราบค่าบีโอดีโดยประมาณของตัวอย่างน้ำ ต้องหาบีโอดีก่อนพร้อมกับพิจารณาลักษณะของน้ำตัวอย่างและแหล่งเก็บตัวอย่างน้ำร่วมด้วย เพื่อประมาณค่าบีโอดี การเลือกปริมาณตัวอย่างน้ำนิยมเลือกให้มีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่อย่าง

น้อย 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และควรจะมีการใช้ออกซิเจนอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร การเลือกขนาดตัวอย่างและอัตราการเจือจางสำหรับช่วงบีโอดีต่าง ๆ ตามตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 การเลือกขนาดตัวอย่างและอัตราเจือจางสำหรับช่วงบีโอดีต่าง ๆ

ปริมาณตัวอย่าง (มิลลิลิตร)	ช่วงบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	อัตราเจือจาง
0.02	30,000 – 105,000	15,000
0.05	12,000 – 42,000	6,000
0.10	6,000 – 21,000	3,000
0.20	3,000 – 10,500	1,500
0.50	1,200 – 4,200	600
1.0	600 – 2,100	300
2.0	300 – 1,050	150
5.0	120 – 420	60
10.0	60 – 210	30
20.0	30 – 105	15
50.0	12 – 42	6
100.0	6 – 21	3
300.0	0 – 7	1

หมายเหตุ: ถ้าปริมาณตัวอย่างที่ใช้น้อยกว่า 1.0 มิลลิลิตร ควรเจือจางตัวอย่างก่อนปิเปตใส่ขวดบีโอดี

6.2.2 เมื่อเลือกปริมาณตัวอย่างได้แล้ว ปิเปตตัวอย่างตามจำนวนที่เลือกไว้ วางลงในขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร อย่างละ 2 ขวด เติมน้ำเจือจางจนเต็มขวดบีโอดี ปิดฝาให้แน่น นำขวดบีโอดีขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลายที่มีเริ่มต้น ส่วนอีกขวดนำไปบ่มที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

6.2.3 เมื่อครบ 5 วันแล้ว นำขวดบีโอดีที่บ่มไว้มาหาค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เหลืออยู่

6.3 การคำนวณ

$$\text{ค่าบีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = (DO_0 - DO_5) \times \text{อัตราเจือจาง}$$

เมื่อ DO_0 = ค่าออกซิเจนละลายที่โตเตรพได้ในวันแรก

DO_5 = ค่าออกซิเจนละลายที่โตเตรพได้ในวันที่ 5

$$\text{อัตราเจือจาง} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำเติมขวดบีไอดี (300 มิลลิลิตร)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}}$$

7. วิธีวิเคราะห์แบบเจือจางที่ต้องเติมหัวเชื้อ

7.1 วิธีการวิเคราะห์

7.1.1 การเลือกปริมาณตัวอย่างและวิธีทำเหมือนกับกรณีไม่ต้องเติมหัวเชื้อ เพียงแต่ต้องเติมหัวเชื้อปริมาณเท่ากันลงในแต่ละชุด ปริมาตรของหัวเชื้อที่จะใช้ควรมีค่าบีไอดีประมาณ 0.6 – 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากการเติมหัวเชื้อเช่นนี้ ทำให้ปริมาณการใช้ออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้น จึงต้องทำการแก้ค่าบีไอดีที่ผิดพลาดเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ (Seed Correction) ทุกครั้งเพื่อนำมาคำนวณหาค่าบีไอดีที่แท้จริงของตัวอย่าง ปริมาตรของหัวเชื้อที่ใช้เติมไม่ควรเกิน 5 มิลลิลิตร

7.1.2 การแก้ค่าเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ ทำโดยนำหัวเชื้อมาหาค่าการใช้ออกซิเจนหรือหาค่าบีไอดี เริ่มด้วยการหาค่าออกซิเจนละลายเริ่มต้น แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงนำมาหาค่าออกซิเจนละลาย

7.2 การคำนวณ

$$\text{ค่าบีไอดีเมื่อเติมหัวเชื้อ} = ((D1 - D2) - (B1 - B2) f) \times \text{อัตราเจือจาง}$$

เมื่อ $D1$ = ค่าออกซิเจนละลายเริ่มต้นของตัวอย่างที่มีการเติมหัวเชื้อ

$D2$ = ค่าออกซิเจนละลายที่ 5 วัน ของตัวอย่างที่มีการเติมหัวเชื้อ

$B1$ = ค่าออกซิเจนละลายเริ่มต้นของหัวเชื้อ

$B2$ = ค่าออกซิเจนละลายที่ 5 วัน ของหัวเชื้อ

$$f = \frac{\text{ปริมาตรของหัวเชื้อที่เติมในขวดบีไอดีตัวอย่าง}}{\text{ปริมาตรของหัวเชื้อในการทำ Seed Correction}}$$

$$\text{อัตราเจือจาง} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำเติมขวดบีไอดี (300 มิลลิลิตร)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}}$$

การวิเคราะห์หาแอมโมเนีย โดยวิธี Titrimetric

1. หลักการ

เมื่อปรับพีเอชให้ใกล้เคียง 9.5 ด้วยการใช้สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ แอมโมเนียในโตรเจนจะถูกกลั่นออกมาพร้อมกับไอน้ำ ถ้าพีเอชสูงเกินไป สารอินทรีย์ในโตรเจนและไซยาเนตที่มีอยู่ในน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย แต่ถ้าพีเอชต่ำเกินไป แอมโมเนียจะถูกกลั่นออกมาไม่หมด แอมโมเนียในโตรเจนที่ถูกกลั่นออกจะรวมตัวกับกรดบอริกเกิดเป็นอออนแอมโมเนียม (NH_4^+) และอออนบอเรต (H_2BO_3^-) ปริมาณแอมโมเนียหาได้โดยการไตเตรทด้วยกรดแก่ ซึ่ง H^+ จะรวมกับ H_2BO_3^- เกิดเป็น H_3BO_3 พีเอชของสารละลายจะลดลงจนเท่ากับค่าเริ่มต้น ดังนั้นปริมาณของกรดแก่ที่เติมลงไปสมมูลกับปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่คิดได้จากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์จากสีเขียวเป็นม่วง

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 2.1 ชุดกลั่นแอมโมเนีย
- 2.2 ขวดรูปกรวยขนาด 300 มิลลิลิตร
- 2.3 เครื่องวัดพีเอช
- 2.4 ขวดเจลดาร์ลขนาด 800 มิลลิลิตร
- 2.5 บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร

3. สารเคมี

- 3.1 น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย
- 3.2 สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ (Borate Buffer Solution) เตรียมโดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล จำนวน 88 มิลลิลิตร ลงในสารละลายโซเดียมเตตระบอเรต 0.025 โมลาร์ ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1 ลิตร
- 3.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล

3.4 สารกำจัดคลอรีน ใช้สารละลายต่อไปนี้ 1 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดคลอรีนตกค้าง 1 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำตัวอย่าง 500 มิลลิลิตร

3.4.1 สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต เตรียมโดยละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 3.5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

3.4.2 สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ เตรียมโดยสารละลาย Na_2SO_3 0.9 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

3.5 สารละลายกรดบอริก (Absorbent Solution) เตรียมโดยสารละลาย H_3BO_3 20 กรัม ในน้ำกลั่นเจือจางเป็น 1 ลิตร

3.6 สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator Solution) เตรียมโดยสารละลายเมทิลเรด 200 มิลลิกรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 หรือในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร และละลายเมทิลีนบลู 100 มิลลิกรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 หรือในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร นำสารละลายทั้งสองชนิดมาผสมกัน

3.7 สารละลายกรดบอริกที่เติมอินดิเคเตอร์ (Indicating Boric Acid Solution) เตรียมโดยละลายกรดบอริก 20 กรัม ในน้ำกลั่น เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 10 มิลลิลิตรเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

3.8 สารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน 0.02 นอร์มัล

4. การวิเคราะห์

4.1 การเตรียมชุดกลั่น ล้างส่วนต่าง ๆ ของชุดกลั่น ล้างอีกทีโดยเติมน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย 500 มิลลิลิตร และสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 20 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้เป็น 9.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล เทใส่ขวดกลั่น เติมลูกแก้ว 2 – 3 เม็ด นำไปกลั่นล้างเครื่องมือจนกระทั่งสารที่กลั่นออกมาไม่มีแอมโมเนียหรือมีน้อยมาก

4.2 การเตรียมตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างน้ำมีคลอรีนต้องกำจัดโดยเติมสารกำจัดคลอรีน โดยเติมสารกำจัดคลอรีนในปริมาณที่สมมูลกับคลอรีนตกค้าง ตวงตัวอย่าง 500 มิลลิลิตร หรือน้อยกว่าแล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็น 500 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ ถ้าพีเอชสูงหรือต่ำมากควรปรับให้เป็น 7 เสียก่อน แล้วเติมสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 25 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้เป็น 9.5 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล เทตัวอย่างลงขวดกลั่น

4.3 การกลั่น นำขวดกลั่นที่ใส่ตัวอย่างเข้าเครื่องกลั่น เปิดน้ำหล่อเย็นให้พร้อม ตวงสารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปกรวย นำเข้าไปต่อกับชุดกลั่นโดยให้

ปลายหลอดที่ต่อน้ำไอและแอมโมเนียที่กลั่นออกมาจุ่มอยู่ใต้สารละลาย เปิดไฟให้กลั่นด้วยอัตรา 6 – 10 มิลลิลิตร/นาที ให้กลั่นจนได้สารละลายจากการกลั่น (Distillate) ในขวดกรวยอย่างน้อย 300 มิลลิลิตร แล้วจึงตั้งปลายหลอดให้พ้นสารละลาย กลั่นต่ออีก 2 – 3 นาที เพื่อทำความสะอาดชุดกลั่น นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 มิลลิลิตร ถ้ามีแอมโมเนียสารละลายที่ได้จะมีสีเขียว ถ้าไม่มีแอมโมเนียจะเป็นสีม่วงเดิมของกรดบอริกอินดิเคเตอร์ นำไปหาปริมาณแอมโมเนียโดยวิธีไตเตรตต่อไป

5. วิธีไตเตรชัน

5.1 นำสารละลายที่ได้จากการกลั่น (Distillate) มาไตเตรตด้วยกรดกำมะถัน 0.02 นอร์มัลจนกระทั่งสีเขียวของสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง

5.2 แบลงค์ ใช้น้ำกลั่นและทำขั้นตอนทุกอย่างเหมือนทำตัวอย่าง

6. การคำนวณ

$$\text{แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจน/ลิตร)} = \frac{(A - B) \times N \times 14,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

เมื่อ A = มิลลิลิตรของกรดกำมะถันที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของกรดกำมะถันที่ใช้ไตเตรตแบลงค์

N = ความเข้มข้นของกรดกำมะถันเป็นนอร์มัลลิตี

การวิเคราะห์หาไนเตรท (NO_3) โดยวิธี Cadmium Reduction Method

วิธีการวิเคราะห์โดยทั่วไปที่ใช้หาไนเตรท คือ การรีดิวซ์ไนเตรทในสารละลายบัฟเฟอร์ที่เป็นด่างให้เป็นไนไตรท์ ด้วยการผ่านตัวอย่างไปในคอลัมน์ที่มีแคดเมียมซึ่งเคลือบด้วยทองแดงอยู่ จากนั้นวัดไนไตรท์ที่ได้ด้วยวิธี Diazotization ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะรวมทั้งไนเตรทและไนไตรท์ที่มีอยู่ในตัวอย่าง ดังนั้น การวิเคราะห์หาไนเตรทจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาไนไตรท์ด้วยวิธี Diazotization ด้วย เพื่อนำค่าไนไตรท์ที่ได้มาหักลบกับค่าที่ได้จากวิธีนี้ จึงจะได้เป็นค่าไนเตรทที่แท้จริง

1. การเก็บและการรักษาน้ำตัวอย่าง

การวิเคราะห์ไนเตรท ควรวิเคราะห์ทันทีเมื่อกลับมาถึงห้องปฏิบัติการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ธาตุอาหารอื่น ๆ หากวิเคราะห์ไม่ทันควรกรองตัวอย่างด้วยแผ่นกรอง GF/C หรือ แผ่นกรอง Millipore แล้วแช่เย็นอุณหภูมิ 4 – 5 องศาเซลเซียส และเก็บในที่มืด ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นาน 12 ชั่วโมง แต่หากต้องการเก็บน้ำตัวอย่างไว้นานหลายสัปดาห์ควรแช่แข็งที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

2. น้ำยาเคมีและวิธีเตรียม

2.1 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น

ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 125 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ได้ในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

2.2 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง

ดูดสารละลายในข้อ 2.1 มา 50 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 2,000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ได้ในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

2.3 สารละลายซัลฟานิลามิด

ใช้สารละลายเดียวกับไนไตรท์

2.4 สารละลายแนฟทิล เอธิลีนไดอะมีน ไดไฮโดรคลอไรด์ (NED)

ใช้สารละลายเดียวกับไนเตรท

2.5 น้ำทะเลเทียม

เตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาแอมโมเนีย

2.6 สารละลาย CuSO_4 ร้อยละ 2 (W/V)

ละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร

2.7 สารละลายมาตรฐานของไนเตรท

ละลายโพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) ที่อบแห้ง 105 – 110 องศาเซลเซียส นาน 1 – 1.5 ชั่วโมง 1.02 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้ได้เป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีค่าเข้มข้น 140 mg-N/l สารละลายที่ได้เรียกว่า Stock Standard Solution เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชาแล้วแช่เย็นไว้ สารละลายนี้เสถียรตลอดไป

3. การเตรียมคอลัมน์

3.1 ชั่งโลหะแคดเมียมมาประมาณ 50 กรัม ผสมกับสารละลาย CuSO_4 ร้อยละ 2 (W/V) 250 มิลลิลิตร กวนจนกระทั่งสีฟ้าของสารละลายจางลง และเริ่มมีตะกอนของทองแดงเกิดขึ้นในสารละลาย จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 10 ครั้ง

3.2 อุดด้านในของคอลัมน์ด้วยใยแก้วหรือขดลวดทองแดง แล้วเติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เจือจางให้เต็มคอลัมน์ ทำการบรรจุผงแคดเมียมลงในคอลัมน์ (ระวังอย่าให้แคดเมียมสัมผัสกับอากาศ) จากนั้นล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เจือจาง 3 – 4 ครั้ง

3.3 เติมสารละลายมาตรฐานของไนเตรท 1.4 mg-N/l 100 มิลลิลิตร (เติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 2 มิลลิลิตรแล้ว) ปลอ่ยให้ไหลผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราการไหล 8 -12 มิลลิลิตรต่อนาที เพื่อ Activated คอลัมน์ จากนั้นล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เจือจางอีก 3 – 4 ครั้ง

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์

4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

4.1.1 ใช้ปิเปตดูดสารละลายจาก Stock Standard Solution มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 500 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 1.4 mg-N/l สารละลายนี้เรียกว่า Intermediate Standard Solution

4.1.2 ตูตสารละลาย Intermediate Standard Solution 1, 5, 10 และ 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำทะเลเทียมให้ได้ 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 0.014, 0.070, 0.140 และ 0.280 mg-N/l ตามลำดับ สารละลายนี้เรียกว่า Working Standard Solution สำหรับแปลงค่าใช้น้ำทะเลเทียม (ใช้น้ำกลั่นเตรียมสารละลายมาตรฐานของไนเตรทได้)

4.1.3 เติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 2 มิลลิลิตร ลงใน Working Standard Solution และแปลงค่าที่จะนำมาผ่านคอลัมน์ แล้วเขย่าให้เข้ากัน

4.1.4 นำเอา Working Standard Solution และแปลงค่าในข้อ 4.1.3 ไปผ่านคอลัมน์ โดยปรับให้สารละลายในคอลัมน์ไหลด้วยอัตรา 8 – 12 มิลลิลิตร/นาที จากนั้นเติมสารละลายที่ได้ประมาณ 5 – 10 มิลลิลิตร ปลอ่ยสารละลายในคอลัมน์ทิ้งจนเหลือระดับเดิม แล้วเติมสารละลายที่เหลือลงในคอลัมน์ ปลอ่ยสารละลายทิ้งประมาณ 25 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่เปิดออกในช่วงหลังให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ส่วนสารละลายที่เหลือปลอ่ยทิ้งไป

4.1.5 เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร ทันที่ แล้วเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 2 – 8 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ จากนั้นเติมสารละลาย NED 1 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างทันที แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 nm

4.1.6 หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับความเข้มข้นด้วยวิธี Linear Regression (ผู้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์จากเครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยตรงก็ได้)

4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

4.2.1 ตวงน้ำตัวอย่างใส่ฟลาสก์รูปชมพู่ 100 มิลลิลิตร

4.2.2 เติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

4.2.3 เติมสารละลายในข้อ 4.2.2 ประมาณ 5 – 10 มิลลิลิตร ลงในคอลัมน์ที่มี อัตราการไหล 8 – 12 นาที ต่อ 100 มิลลิลิตร ปลอ่ยสารละลายในคอลัมน์ทิ้งจนเหลือระดับเดิม

4.2.4 เติมสารละลายในข้อ 4.2.2 ที่เหลือลงในคอลัมน์ ปลอ่ยสารละลายทิ้งประมาณ 25 มิลลิลิตร แล้วเก็บสารละลายที่เปิดออกในช่วงหลังให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

4.2.5 เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างทันที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 nm คำนวณหาความเข้มข้นของไนเตรทจากกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้

4.2.7 ความเข้มข้นของไนเตรท

= ความเข้มข้นตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ – ค่าไนเตรทของตัวอย่างนั้น

ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS)

โดยวิธี Gravimetric และอบที่ 103 – 105 °C

ของแข็งทั้งหมด (Total Solids) หมายถึง สารที่เหลืออยู่เป็นตะกอนภายหลังจากที่ผ่านการระเหยด้วยไอน้ำ และทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C สิ่งที่กลายเป็นไอไปได้ก็จะสูญไปเหลือเพียงกากตะกอนของสารที่มีในน้ำตัวอย่างเท่านั้น ตะกอนที่คงเหลืออยู่นั้นมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ของแข็งทั้งหมดประกอบด้วย ของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solids) คือ ส่วนที่ค้างอยู่บนกระดาษกรอง (2.0 µm Pore Size) และของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) คือ ส่วนที่ผ่านกระดาษกรอง

การหาค่าของแข็งแขวนลอยนั้นเกิดข้อผิดพลาดง่ายถ้าใช้ตัวอย่างน้อย ดังนั้น ควรจะใช้ตัวอย่างในการกรองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ สำหรับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วหรือมีความสกปรกน้อยอาจต้องใช้ถึง 1 ลิตร

1. ขอบข่ายการทดสอบ

วิธีนี้ใช้ได้กับตัวอย่างน้ำผิวดินและน้ำเสีย

2. รายละเอียดการประกันคุณภาพ (Quality Assurance Criteria)

2.1 QA Limit สำหรับการวิเคราะห์ซ้ำเท่ากับร้อยละ 10

2.2 ปริมาณของตะกอนบนกระดาษกรองหลังจากนำไปอบแห้งแล้ว ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2.5 – 200 mg

3. หลักการ

กรองน้ำตัวอย่างที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันผ่านกระดาษกรอง GF/C (Glass – Fiber Filter) ที่ทราบน้ำหนัก แล้วนำกระดาษกรองพร้อมตะกอนที่ค้างอยู่ด้านบนไปอบที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C จนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คือ ปริมาณของของแข็งแขวนลอย

4. สิ่งรบกวน

แยกตะกอนขนาดใหญ่ที่ลอยน้ำหรือจมน้ำอยู่ที่ไม่ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของตัวอย่างออก

5. การเก็บรักษาตัวอย่าง

ควรเก็บตัวอย่างด้วยขวดแก้วหรือขวดพลาสติก ในกรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทันที ให้แช่เย็นตัวอย่างที่อุณหภูมิที่ 4 °C โดยไม่ต้องเติมสารใด ๆ และสามารถเก็บไว้ได้นานไม่เกิน 7 วัน

6. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 6.1 กระดาษกรองใยแก้ว GF/C เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 cm
- 6.2 อุปกรณ์ชุดกรอง
- 6.3 เครื่องดูดอากาศ
- 6.4 เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 103 – 105 °C
- 6.5 โถทำแห้ง (Desiccator) พร้อมสารดูดความชื้น
- 6.6 เครื่องชั่งอย่างละเอียดที่สามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 g
- 6.7 กระดาษอลูมิเนียม เพื่อทำเป็นภาชนะสำหรับใส่กระดาษกรอง
- 6.8 กระบอกรตวง
- 6.9 คีมหนีบ

7. ขั้นตอนการวิเคราะห์

7.1 การเตรียมกระดาษกรอง

- 7.1.1 นำกระดาษกรองไปใส่ในถ้วยกระดาษอลูมิเนียมที่ทำรหัสไว้
- 7.1.2 อบถ้วยกระดาษอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรอง
- 7.1.3 เก็บถ้วยอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรองไว้ในโถทำแห้งจนกว่าจะนำมาใช้

7.2 การวิเคราะห์

7.2.1 เลือกตัวอย่างอย่างน้อยร้อยละ 10 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด สำหรับการวิเคราะห์ซ้ำ

7.2.2 เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำสำหรับนำไปกรองที่จะให้ค่าของแข็งแขวนลอยโดยประมาณ 2.5 – 200 mg กรณีสืบค้นตัวอย่างแช่เย็นไว้ ให้ทำให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้องก่อน

7.2.3 ใช้คีมหนีบ คีบกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักในโลทำแห้ง มาวางลงบนกรวยในชุดกรอง ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศโดยให้ด้านขรุขระของกระดาษกรองอยู่ด้านบน

7.2.4 ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียก และให้ถูกดูดติดแน่นกับกรวย

7.2.5 เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี แล้วเทตัวอย่างใส่กระบอกตวงครั้งเดียวให้ได้ปริมาตรใกล้เคียงกับที่ต้องการ แล้วจดบันทึกปริมาตรที่เทได้

7.2.6 เทตัวอย่างใส่ชุดกรอง เปิดเครื่องดูดอากาศ

7.2.7 ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่อาจติดอยู่ข้างกระบอกตวง และชุดกรองจนหมด และรอกจนกว่ากระดาษกรองจะแห้ง

7.2.8 ปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้คีมหนีบคีบกระดาษกรองใส่ถ้วยอลูมิเนียมชั่งเดิม

7.2.9 นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

7.2.10 ทิ้งไว้ให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิของห้องในโลทำแห้ง แล้วจากนั้นชั่งหาน้ำหนักด้วยอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรองใหม่

7.2.11 ให้ทำซ้ำ 7.2.10 – 7.2.11 ซ้ำอีกจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ คือ น้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้ง แตกต่างกันไม่มากกว่า 0.0005 g หรือ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 4 ของน้ำหนักครั้งแรก

8. การคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอย (SS) (mg/l)} = \frac{(B - A) * 1,000}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (ml)}}$$

A = น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรอง (mg)

B = น้ำหนัก (ที่ชั่งได้ค่าน้อยที่สุด) ถ้วยอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรองและตัวอย่าง (mg)

การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) โดยวิธี Persulfate Digestion และ Ascorbic Acid

ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ในน้ำธรรมชาติและในน้ำเสียส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ต่าง ๆ กันของ ฟอสเฟต (Phosphate) โดยจะสามารถแยกได้เป็น ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphates) และ คอนเดนส์ฟอสเฟต (Condensed Phosphates, Pyro-, Meta- and Polyphosphates อื่น ๆ) และ Organically Bound Phosphates โดยอยู่ในรูปของสารละลาย สารแขวนลอยหรือในร่างกายของสิ่งมีชีวิตในน้ำ Phosphorous เป็นธาตุที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์และมักจะพบว่าเป็น Growth Limiting Nutrient ของแหล่งน้ำ ดังนั้น ในการปล่อนน้ำใดโครกที่มี Phosphorous อยู่ลงในแหล่งน้ำ อาจจะกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็วซึ่งก่อให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา

1. ขอบข่ายการทดสอบ

วิธีการทดสอบนี้ใช้กับตัวอย่างน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรม

2. ค่าที่รายงานผล (Detection Limits)

Minimum Detection Limit เท่ากับ 0.1 mg P/l

3. รายละเอียดการประกันคุณภาพ (Quality Assurance Criteria)

3.1 QA Limit สำหรับ Spike Recovery เท่ากับร้อยละ 20

3.1 QA Limit สำหรับการวิเคราะห์ซ้ำ เท่ากับร้อยละ 15

4. หลักการ

การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสทั้งหมด แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

4.1 เปลี่ยนฟอสฟอรัสในรูปต่าง ๆ ให้อยู่ในรูป Orthophosphates ที่ละลายน้ำโดยการย่อยสลาย ด้วยวิธี Persulfate Digestion

4.2 หาค่า Orthophosphates ที่ละลายน้ำด้วยวิธี Ascorbic Acid โดย

Ammonia Molybdate และ Potassium Antimonyl Tartrate จะทำปฏิกิริยาภายในตัวกลางที่เป็นกรดกับ Orthophosphate ทำให้เกิด Phosphomolydic Acid ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ Ascorbic Acid ได้ Molybdenum Blue

5. การเก็บรักษาดตัวอย่าง

ในกรณีที่จะทำการหา Total Phosphorus อย่างเดียวสามารถเก็บรักษาดตัวอย่างได้ 3 วิธี คือ

5.1 ให้แช่แข็งตัวอย่างโดยไม่ต้องเติมสารใด ๆ หรือ

5.2 เติมกรด HCl เข้มข้นในปริมาณ 1 ml ต่อตัวอย่าง 1 ลิตร แล้วแช่เย็น หรือ

5.3 เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้นในปริมาณ 2 ml ต่อตัวอย่าง 1 ลิตร แล้วแช่เย็น

โดยให้วิเคราะห์ตัวอย่างภายใน 28 วัน ตัวอย่างที่มีค่าฟอสฟอรัสต่ำไม่ควรเก็บในขวดพลาสติกเพราะอาจเกิดการดูดซับบนผนังขวดได้ ภาชนะที่ทำด้วยแก้วทุกชนิดที่ใช้ในการหาฟอสฟอรัส ต้องล้างด้วยกรด HCl 1:1 แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้งไม่ควรใช้ผงซักฟอกในการล้างเครื่องแก้ว

6. สิ่งรบกวน

6.1 Arsenates สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลาย Molybdate ทำให้เกิดสีน้ำเงิน เช่นเดียวกับ Phosphate ความเข้มข้น 0.1 mg As/l จะรบกวนการหา Phosphate

6.2 Hexavalent Chromium และ NO_2^- ที่ความเข้มข้น 1 mg/l จะรบกวนให้ค่าที่ได้ต่ำไปร้อยละ 3 และที่ความเข้มข้น 1.0 – 10 mg/l จะทำให้ค่าต่ำไปร้อยละ 10 – 15

7. เครื่องมือและอุปกรณ์

7.1 Spectrophotometer ที่สามารถให้ความถี่คลื่น 880 nm และใช้เซลล์ขนาด 1 cm หรือใหญ่กว่านั้น

7.2 หม้ออบฆ่าเชื้อ (Autoclave)

7.3 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask)

7.4 บีกเกอร์ (Beakers)

7.5 ปิเปต (Pipets)

7.6 กระบอกตวง (Cylinder)

7.7 ขวดแก้วพร้อมฝาที่สามารถนำเข้าเครื่อง Autoclave ที่ 120°C ขนาด 100 ml

8. สารเคมี

8.1 สารละลายมาตรฐาน Phosphate (20 mg P/l)

นำ Anhydrous KH_2PO_4 มา 87.8 mg ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 ml (1 ml ของสารละลายที่เตรียมนี้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.02 mg P)

8.2 สารละลาย Phenolphthalein Indicator

ละลาย Phenolphthalein 5 g ใน 500 ml ของร้อยละ 95 Ethyl Alcohol และปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 ml ด้วยน้ำกลั่น

8.3 สารละลาย H_2SO_4

เติม H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 300 ml ลงในน้ำกลั่น 600 ml แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 ml ด้วยน้ำกลั่น

8.4 สาร Potassium Persulfate ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)

8.5 NaOH 1N

ละลาย NaOH จำนวน 40 g ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 ml ด้วยน้ำกลั่น

8.6 H_2SO_4 5 N

นำกรด H_2SO_4 เข้มข้น มา 70 ml ใส่ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml

8.7 สารละลาย Potassium Antimonyl Tartrate

ละลายสาร $\text{K(Sbo) C}_4\text{H}_4\text{O}_7 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ จำนวน 1.3715 g ในน้ำกลั่น 400 ml แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ 500 ml เก็บในขวดจุกแก้ว

8.8 สารละลาย Ammonium Molybdate

ละลายสาร $(\text{NH}_4)_6 \text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 20 g ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 500 ml เก็บในขวดจุกแก้ว

8.9 สารละลาย Ascorbic Acid 0.1 M

ละลายสาร Ascorbic Acid จำนวน 1.76 g ในน้ำกลั่นปริมาตร 100 ml สารละลายนี้เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C สามารถเก็บได้ 1 สัปดาห์

8.10 สารละลายผสม ผสมสารละลายข้อ 6 – 9 ตามอัตราส่วนดังนี้

สารข้อ 6 : สารข้อ 7 : สารข้อ 8 : สารข้อ 9 คือ 50 : 5 : 15 : 30 จะได้สารละลายผสม 100 ml ในการผสมนั้นให้ผสมทีละชั้นตอน โดยผสมสารข้อ 6 และข้อ 7 ให้เข้ากันดีก่อนแล้วจึงเติมสารข้อ 8 เขย่าให้เข้ากันแล้วจึงใส่สารข้อ 9 ผสมให้เข้ากัน และเมื่อสารมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้องเก็บสารนี้ไว้ได้นาน 4 ชั่วโมง

9. ขั้นตอนการวิเคราะห์

9.1 การทำ Standard Curve

นำสารละลายมาตรฐาน Phosphate (20 mg P/l) มา 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml ผสมน้ำกลั่นให้ได้ 50 ml จะได้สารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 และ 2 mg/l ตามลำดับ นำไปวิเคราะห์เหมือนตัวอย่างทุกขั้นตอน (กรณีที่มี Standard Curve อยู่แล้วให้เตรียมสารละลายตัวอย่างน้อย 2 ความเข้มข้น แล้วนำไปวิเคราะห์เหมือนตัวอย่างทุกขั้นตอน และตรวจสอบความถูกต้อง โดยค่าร้อยละ Difference ต้องน้อยกว่าร้อยละ 15)

9.2 การทำ QC

เลือกตัวอย่างอย่างน้อย 1 ตัวอย่าง ต่อตัวอย่างทุก ๆ 10 ตัวอย่าง สำหรับการวิเคราะห์ซ้ำ และ Spike Recovery โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง (สำหรับ 1 ตัวอย่าง) ดังนี้

9.2.1 นำ Volumetric Flask ขนาด 50 ml มา 3 ขวด

9.2.2 ใส่ตัวอย่างที่เลือกไว้สำหรับการวิเคราะห์ซ้ำ และ Spike Recovery จำนวน 10 ml ในแต่ละ Flask

9.2.3 นำ 2 Flask ที่ใส่ตัวอย่างแล้ว มาเติมสารละลายมาตรฐาน Phosphate (20 mg P/l) Flask ละ 1 ml

9.2.4 เติมน้ำกลั่นในทั้ง 3 Flask จนได้ปริมาตรรวมในแต่ละ Flask 50 ml

9.2.5 นำไปวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่างอื่น

9.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การเปลี่ยนฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปของ Orthophosphate โดยวิธี Presulfate Digestion

9.3.1 นำตัวอย่างมา 50 ml หรือน้อยกว่าแล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ 50 ml ใส่ในขวดขนาดบรรจุ 100 ml

9.3.2 เติมสารละลาย Phenolphthalin Indicator 1 หยด ถ้าตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีแดง ให้เติมสารละลาย H_2SO_4 ลงไปจนสีแดงหาย

9.3.3 เติมสารละลาย H_2SO_4 จำนวน 1 N

9.3.4 เติมสาร $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ จำนวน 0.5 N ปิดฝาให้สนิท

9.3.5 นำตัวอย่างไปเข้าเครื่อง Autoclave ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 30 นาที

9.3.6 ทำให้เย็นแล้วเติม Phenolphthalin Indicator 1 หยด แล้วปรับ pH ด้วย NaOH 1 N จนได้ตัวอย่างสีชมพูอ่อน

9.3.7 ถ่ายตัวอย่างใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 ml

9.3.8 นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Ascorbic Acid Method การหาค่า Orthophosphate โดยวิธี Ascorbic Acid

9.3.9 นำตัวอย่างมา 50 ml เติม Phenolphthalin Indicator 1 หยด ถ้าตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีแดง ให้เติม H_2SO_4 5 N ที่ละหยดจนสีหายไป

9.3.10 เติมสารละลายผสมปริมาณ 8 ml ลงในตัวอย่างปรับปริมาตรให้เป็น 50 ml เขย่าให้เข้ากันดี หลังจากนั้น 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที ให้นำตัวอย่างไปวัดค่า Absorbance ที่ 880 nm

10. การคำนวณ

$$\text{Total Phosphorous (mg P/I)} = \frac{(\text{ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ได้จาก Standard Curve}) \times 50}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (ml)}}$$

**การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด
(Total Coliform Bacteria) และการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม
ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)**

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว)
2. หลอดทดลอง
3. ปิเปต ขนาด 0.1, 1.0 และ 10.0 มิลลิลิตร
4. กระบอกตวงขนาด 100.0 มิลลิลิตร
5. ชุดเยื่อกรอง (Millipore Filter)
6. เยื่อกรอง (Filter Membrane)
7. เครื่องดูดอากาศ (Suction Pump)
8. ตู้อบ (Incubator)
9. ปากคีบ
10. บัฟเฟอร์สำหรับเจือจางตัวอย่างน้ำ หลอดละ 9 มิลลิลิตร
11. อาหารเลี้ยงเชื้อ
 - Lauryl Tryptose Broth Double Strength
 - Lauryl Tryptose Broth Single Strength
 - Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)
 - Eosin Methylene Blue Agar (EMB agar)

2. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Lauryl Tryptose Broth Single Strength

Tryptose	20	กรัม
Lactose	5	กรัม

K_2HPO_4	2.75	กรัม
KH_2PO_4	2.75	กรัม
NaCl	5	กรัม
Sodium Lauryl Sulfate	0.1	กรัม
Bromthymol Blue 1.6%	4	กรัม

pH 6.8

2. Lauryl Tryptose Broth Double Strength

Tryptose	40	กรัม
Lactose	10	กรัม
K_2HPO_4	5.5	กรัม
NaCl	10	กรัม
Sodium Lauryl Sulfate	0.2	กรัม
Bromthymol Blue 1.6%	8	กรัม

pH 6.8

3. Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)

Peptone	10	กรัม
Lactose	10	กรัม
Oxgall	20	กรัม
Brilliant Green	0.0133	กรัม

pH 7.2

หลังจากนี้มาเชื้อแล้วให้นำอาหารเลี้ยงเชื้อออกมาแช่น้ำทันที

4. Eosin Methylene Blue Agar (EMB agar)

Peptone	10	กรัม
Lactose	10	กรัม
K_2HPO_4	2	กรัม
Agar	15	กรัม
Eosin Y	0.4	กรัม
Methylene blue	0.065	กรัม

pH 7.1

3. การตรวจหาแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดโดยวิธีเอ็มพีเอ็น

วิธีนี้จะแสดงปริมาณของแบคทีเรียโคลิฟอร์มในรูปเอ็มพีเอ็นต่อตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร (MPN/100 ml) แบ่งการทดลองเป็นขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบขั้นแรก (Presumptive Test)

เป็นการทดสอบว่าในน้ำตัวอย่างมีแบคทีเรียโคลิฟอร์มหรือไม่ โดยอาศัยคุณสมบัติในการหมัก (Ferment) น้ำตาลแลคโตสให้กรดและแก๊สโดยใช้อาหาร Lauryl Tryptose Broth

1. ตูดตัวอย่างน้ำโดยตรงปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดอาหาร Lauryl Tryptose Broth Double Strength จำนวน 5 หลอด

2. ตูดตัวอย่างน้ำโดยตรง 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในอาหาร Lauryl Tryptose Broth Single Strength จำนวน 5 หลอด

3. ตูดตัวอย่างน้ำจากความเจือจาง 1 : 10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในอาหาร Lauryl Tryptose Broth Single Strength จำนวน 5 หลอด

4. ตูดตัวอย่างน้ำจากความเจือจาง 1 : 100 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดอาหาร Lauryl Tryptose Broth Single Strength ความเจือจางละ 5 หลอด

5. เขย่าหลอดอาหารทุกหลอด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 – 28 ชั่วโมง

6. นำหลอดที่ให้ผลบวก (Positive) คือ หลอดที่เกิดก๊าซไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป

2. การทดสอบขั้นยืนยัน (Confirmed Test)

การทดสอบในขั้นแรกไม่สามารถชี้วัดได้ว่าแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำเป็นโคลิฟอร์ม เนื่องจากยังมีแบคทีเรียอื่นๆ ที่สามารถหมักแลคโตสแล้วเกิดก๊าซได้เช่นกัน จึงต้องทำการตรวจวิเคราะห์ขั้นยืนยัน อาหารที่ใช้ทดลองคือ Brilliant green lactose bile broth ซึ่งเป็น selective media ที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียอื่นๆ ที่ไม่ใช่โคลิฟอร์ม

1. ถ่ายเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกในขั้นแรก จำนวน 1-2 ลูบ ใส่ลงในหลอดอาหาร BGLB ที่มีหลอดดักก๊าซอยู่ ทำการถ่ายเชื้อแบบหลอดต่อหลอดทุกความเจือจาง

2. นำหลอดอาหารทั้งหมดไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส ตรวจผลเมื่อเวลาครบ 24 ชั่วโมง หลอดที่เกิดก๊าซให้ผลบวก หลอดที่ไม่เกิดแก๊สนำไปบ่มต่อในตู้อบจนครบ 48 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาอ่านผลอีกครั้ง หลอดที่เกิดก๊าซภายใน 24 ชั่วโมง ทั้งหมดให้ผลเป็นบวก

3. เลือกความเจือจางที่สูงที่สุด ที่ให้ผลบวก 3 ความเจือจาง แล้วนำไปอ่านค่า เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร จากตารางที่ ค.2 โดยเทียบค่าจากตารางให้สอดคล้องกับค่าความเจือจางที่ใช้

ตารางที่ ค.2 ดัชนีค่า เอ็มพี เอ็น และขีดจำกัดความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของหลอดที่ให้ผลบวก เมื่อใช้ระบบ 5 หลอด ของตัวอย่างน้ำที่ตรวจวิเคราะห์ 10 มิลลิลิตร 1 มิลลิลิตร และ 0.1 มิลลิลิตร

จำนวนหลอด ที่ให้ผลบวก	ดัชนี เอ็ม พี เอ็น/100 มิลลิลิตร	ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	
		ต่ำกว่า	สูงกว่า
0-0-0	<2	-	-
0-0-1	2	1.0	10
0-1-0	2	1.0	10
0-2-0	4	1.0	13
1-0-0	2	1.0	11
1-0-1	4	1.0	15
1-1-0	4	1.0	15
1-1-1	6	2.0	18
1-2-0	6	2.0	18
2-0-0	4	1.0	17
2-0-1	7	2.0	20
2-1-0	7	2.0	21
2-1-1	9	3.0	24
2-2-0	9	3.0	25
2-3-0	12	5.0	29
3-0-0	8	3.0	24
3-0-1	11	4.0	29
3-1-0	11	4.0	29
3-1-1	14	6.0	35
3-2-0	14	6.0	35
3-2-1	17	7.0	40
4-0-0	13	5.0	38

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

จำนวนหลอด ที่ให้ผลบวก	ดัชนี เอ็ม พี เอ็น/100 มิลลิลิตร	ระดับความเร็วมันร้อยละ 95	
		ต่ำกว่า	สูงกว่า
4-0-1	17	7.0	45
4-1-0	17	7.0	46
4-1-1	21	9.0	55
4-1-2	26	12.0	63
4-2-0	22	9.0	56
4-2-1	26	12.0	65
4-3-0	47	12.0	67
4-3-1	33	15.0	77
4-4-0	34	16.0	80
5-0-0	23	9.0	86
5-0-1	30	10.0	110
5-0-2	40	20.0	140
5-1-0	30	10.0	120
5-1-1	50	20.0	150
5-1-2	60	30.0	180
5-2-0	50	20.0	170
5-2-1	70	30.0	210
5-2-2	90	40.0	250
5-3-0	80	30.0	250
5-3-1	110	40.0	300
5-3-2	140	60.0	360
5-3-3	170	80.0	410
5-4-0	130	50.0	390
5-4-1	170	70.0	480
5-4-2	220	100.0	580
5-4-3	280	120.0	690

ตาราง ค.2 (ต่อ)

จำนวนหลอด ที่ให้ผลบวก	ดัชนี เอ็ม พี เอ็น/100 มิลลิลิตร	ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	
		ต่ำกว่า	สูงกว่า
5-4-4	350	160.0	820
5-5-0	240	100.0	940
5-5-1	300	100.0	1300
5-5-2	500	200.0	2000
5-5-3	900	300.0	2950
5-5-4	1600	600.0	5300
5-5-5	≥1600	-	-

ทั้งนี้ค่าของ เอ็ม พี เอ็น ที่อ่านได้จากตาราง สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรตามนี้ คือ

$$\text{MPN/100ml} = \frac{\text{จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก} \times 100}{\sqrt{\text{จำนวนตัวอย่างน้ำที่ใช้ทดสอบซึ่งให้ผลลบ} \times \text{จำนวนตัวอย่างน้ำที่ใช้}}}$$

และการคำนวณหาปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรตามนี้คือ

$$\text{ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม} = \frac{\text{ดัชนีเอ็ม พี เอ็น/100 มิลลิลิตร} \times 10}{\text{ปริมาณตัวอย่างน้ำในแก้วแรกต่อหลอด}}$$

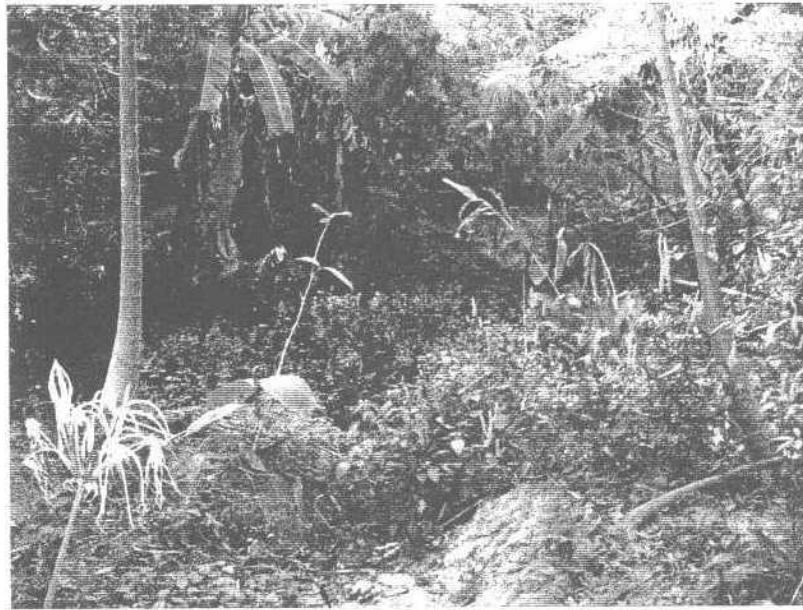
ภาคผนวก ง
ภาพการทดลอง



ภาพที่ ง. 1 จุดเก็บน้ำตัวอย่างจุดที่ 1 ที่ระยะ 0 เมตร



ภาพที่ ง. 2 จุดเก็บน้ำตัวอย่างจุดที่ 2 ที่ระยะ 40 เมตร



ภาพที่ ง. 3 จุดเก็บน้ำตัวอย่างจุดที่ 3 ที่ระยะ 80 เมตร



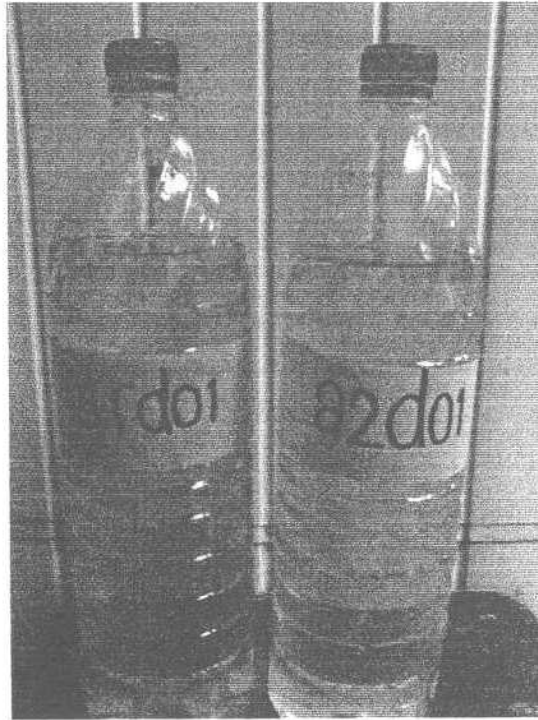
ภาพที่ ง. 4 จุดเก็บน้ำตัวอย่างจุดที่ 4 ที่ระยะ 120 เมตร



ภาพที่ ง. 5 การเติมน้ำสกัดชีวภาพที่จุดเริ่มต้น ที่ระยะ 0 เมตร



ภาพที่ ง. 6 น้ำสกัดชีวภาพของศูนย์กิจกรรมธรรมชาติมาบเื้อง



ภาพที่ ง. 7 สภาพตัวอย่างน้ำที่ศูนย์สิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

บรรณานุกรม

- กรประภา เครือวัลย์. 2549. ช้างถึงใน ฼นฐพล ฼ียมอัน. 2549. การนำบักน้ำเสียดว้สน้ำสักด
ชีวภาพจากกากสาเหลำหมัก: กรณีสึกษา น้ำดว้สน้ำจากคลองแสนสบบ.
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2549. ระบบนำบักน้ำเสียดว้สน้ำ. คันวันที่ 16 ันวาคม 2549 จาก
http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน. 2542. การนำบักน้ำเสียดว้สน้ำ. กรุงเทพมหานคร: สยามสเรชันเนอรี
ร้พหลายส์.
- ไกรฤกษ์ ชุนรักษ์พะเนา. 2538. การฟอกดว้เองของน้ำทางแบคทีเรียบริเวณลุ่มน้ำแม่
คลองคอบน อำเภอสองมาภูมิ ังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์
มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.
- คณิต ไชยาคำ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2537. แนวทางการป้องกันเพื่อลดผลกระทบที่
มีต่อสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาการเลี้ยงกึ่งกุลาคำแบบพัฒนา.
กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง.
- ชีววิถิ. 2549. EM (Effective Microorganism). คันวันที่ 6 ันยายน 2549 จาก
http://www.chivavithee.net/modules.php?name=News&new_topic=8
- ณัฐพล ฼ียมอัน. 2549. การนำบักน้ำเสียดว้สน้ำสักดชีวภาพ จากกากสาเหลำหมัก:
กรณีสึกษา น้ำดว้สน้ำจากคลองแสนสบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร.
- ดวงพร คันธโชติ. 2545. นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไอดีเียนสโตร.
- ดำรงศักดิ์ พิริยะภัทรกิจ. 2549. การนำบักน้ำเสียดว้สน้ำสักดชีวภาพ: กรณีสึกษาดว้สน้ำ
น้ำเสียดว้สน้ำในคลองแสนสบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิต
พัฒนบริหารศาสตร.
- ธงชัย พวรรณสวัสดิ์. 2544. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ.
กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

- ธวัชชัย สุกดิษฐ์. 2546. การจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อม. เอกสารประกอบการสอนวิชา จส. 720. กรุงเทพมหานคร: สำนักพัฒนานักนิเทศศึกษา สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ธวัชชัย สุกดิษฐ์. 2547. น้ำสกปรกชีวภาพ. เอกสารประกอบการอบรมปฏิบัติการเสริมสร้างผู้นำชุมชนด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม. จะเจียงเทรา: มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์. (เอกสารจัดสำเนา)
- นวลพรรณ ณ ระนอง และมงคล เพ็ญสายใจ. 2542. น้ำและการบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ปิยนุช บุญศิริชัย. 2547. การศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้ผักกระเจต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- พิษณุ เอกคนาลักษณ์. 2547. การใช้ EM (Effective Microorganism) กำจัด Grease and Oil. ในน้ำทิ้งโรงอาหาร. นครปฐม: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- มันลิน ตันกุลเวศน์ และไพพรรณ พรประภา. 2540. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- มันลิน ตันกุลเวศน์ และมันรัช ตันกุลเวศน์. 2547. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2549. การบำบัดน้ำเสีย. ค้นวันที่ 16 ธันวาคม 2549 จาก <http://www.sut.ac.th/e-texts/Medicine/behs/lesson8/lesson8-2.html>.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี. 2549. ระบบบำบัดน้ำเสีย. ค้นวันที่ 16 ธันวาคม 2549 จาก <http://dit.dru.ac.th/home/023/Envilesson/html/OD2.html>.
- ลาวัลย์ เขียวสวัสดิ์, ชัยมงคล หอมเลย และนาพร วิศกุล. 2540. ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร. ชลบุรี: ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 3 ชลบุรี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- สมร มุตตามระ. 2546. เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย (ขั้นสูง). ปทุมธานี: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

- สารสิน อูยยานนท์. 2538. รายงานการศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสีย: กรณีศึกษา ณ ระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยานาลศูนย์ของแก่น. ขอนแก่น: ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 6 ขอนแก่น กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- สุบัณฑิต นิมรัตน์. 2548. จุลชีววิทยาของน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมณฑา พรหมบุญ และคณะ. 2549. แหล่งพันธุกรรมจุลินทรีย์. ค้นวันที่ 25 ธันวาคม 2549 จาก <http://www.swu.ac.th/royal/book2/b2c11t1.html>.
- สุริยา สารนรกกิจ. 2542. ปุ๋ยน้ำชีวภาพ. ปทุมธานี: ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- เสาวนีย์ ธรรมสถิต. 2543. การใช้เอนไซม์และเซลล์ของจุลินทรีย์ในการจัดการน้ำเสียประเภทไขมันสูง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล.
- อรรษา อยู่บัว และอรุณวดี อนุภาวัตน์. 2543. การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของ *Saccharomyces cerevisiae* กับ *Bacillus subtilis*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เอนก สถิตไทย. 2538. ผลการศึกษาทดลองใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติ อี.เอ็ม. บำบัดน้ำเสียโรงงานขนมจีน. ชลบุรี: ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 3 ชลบุรี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- APHA, AWWA, and WEF. 1992 อ้างถึงใน ณัฐพล เอี่ยมอ้น. 2549. การบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพ จากกากสาเหล้มหมัก: กรณีศึกษา น้ำคั่วอย่างจากคลองแสนแสบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- Bilton. 1994 อ้างถึงใน สุบัณฑิต นิมรัตน์. 2548. จุลชีววิทยาของน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Madigan M.; Martinko T. and Parker J.. 2003. Biology of Microorganisms. New Jersey: Prentice Hall Upper Saddle River.
- Rensselaer polytechnic Institute. 2549. Methods of Liquid Waste Treatment. ค้นวันที่ 16 ธันวาคม 2549 จาก <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/FUNDAMNT/streem/methods.html>.

Samson et al. 2002 อ้างถึงใน สืบค้นคิด นิมรัตน์. 2548. จุลชีววิทยาของน้ำเสีย.

กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

SAS Institute. 1996. SAS User's Guide, Version 6.12. Cary, N.C.: SAS Institute, Incorporate

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาววรรณ สุนทรภัก
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ ปีการศึกษา 2546