

**การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศ
ชนิดไฮบริดที่ใช้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน**



นาย โรมรัน ว่องวิไลรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

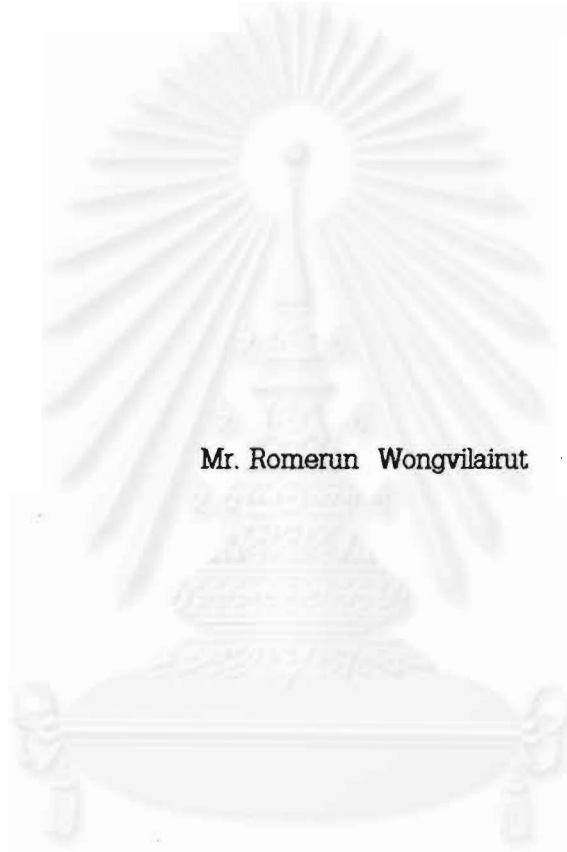
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974332-949-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**HIGH STRENGTH WASTEWATER TREATMENT USING
POLYETHYLENE PLASTIC MEDIA ANAEROBIC HYBRID FILTER**



Mr. Romerun Wongvilairut

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master Engineering in Environment Engineering

Department of Environmental Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic year 1999

ISBN 974332-949-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศ

ชนิดไฮบริดที่ใช้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน

โดย

นาย โรมรัน วงศ์วิไลรัตน์

ภาควิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เขาวงกัจเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กิระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เขาวงกัจเจริญ)

.....กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. รุ่งชัย พรรณสวัสดิ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ชัยพร ภูประเสริฐ)

โรมรัน ว่องวิไลรัตน์ : การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดที่ใช้ตัวกลางพลาสติก
โพลีเอทิลีน (HIGH STRENGTH WASTEWATER TREATMENT USING POLYETHYLENE
PLASTIC MEDIA ANAEROBIC HYBRID FILTER) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร. เพ็ชรพร เขาวงกัจเจริญ,
140 หน้า. ISBN 974332-949-8

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสามารถของการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยระบบถังกรองไร้อากาศชนิดไฮ
บริดบรรจุตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน การทดลองใช้ถังกรองไร้อากาศจำนวน 2 ชุด ซึ่งทำด้วยพีวีซีใส รูปทรงกระบอกสูง
2.80 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.07 เมตร ภายในบรรจุตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มม. สูง
22 มม. เปอร์เซ็นต์ช่องว่าง 90% และมีพื้นที่ผิว 109 ม²/ม³ ของตัวกลางซึ่งลอยครึ่งถังตอนบนของถังกรอง โดยมีความสูง
ของชั้นตัวกลางเท่ากับ 1.25 เมตร การป้อนน้ำเสียเป็นแบบไหลขึ้น น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองมีค่าซีโอดี 5500 มก./
ล. ซึ่งตัวแปรอิสระที่แปรเปลี่ยนในรูปของอัตราการป้อนน้ำเสียเท่ากับ 7.5 10 15 และ 30 ลิตร/วัน คิดเป็นอัตราภาระ
อินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีคิดเป็นร้อยละ 96 72 64 และ 44 ตามลำดับ ค่าพีเอช
น้ำทิ้งมีค่าเท่ากับ 7.05 6.88 6.80 และ 6.41 ตามลำดับค่าไออาร์พีน้ำทิ้งเท่ากับ -315 -303 -319 และ -308 มิลลิโวลต์
ตามลำดับ อุณหภูมิน้ำทิ้งเท่ากับ 30.9 27.3 30.1 และ 27.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าตะกอนแขวนลอยน้ำทิ้ง เท่ากับ
782 796 1080 และ 1198 มก./ล. ตามลำดับ ค่าสภาพความเป็นด่างในน้ำทิ้งเท่ากับ 1432 1360 1229 และ 1477
มก./ล. ในเทอมแคลเซียมคาร์บอเนต ค่าการระเหยง่ายเท่ากับ 428 583 615 และ 935 มก./ล. ในเทอมกรดอะซิติก
ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้เท่ากับ 9.2 24.7 29 และ 38.9 ลิตร/วัน ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทนเท่ากับ 57.6%
52.9% 50.2% และ 50.3% ตามลำดับ อัตราการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.12 0.24 0.24 และ 0.27 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูก
กำจัด ตามลำดับ ผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้ระบบถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อมีค่าอัตราภาระ
อินทรีย์ต่ำ เมื่ออัตราภาระอินทรีย์สูงขึ้นประสิทธิภาพจะลดลง นอกจากนี้เชื่อว่าตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนช่วยป้องกัน
ตะกอนจุลินทรีย์ไม่ให้หลุดออกมาจากระบบ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงขึ้นเมื่อทำการทดลองที่อัตราภาระ
อินทรีย์ต่ำกว่า 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต โรมรัน ว่องวิไลรัตน์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพ็ชรพร เขาวงกัจเจริญ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

3971497621: MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
 KEY WORD: ANAEROBIC HYBRID FILTER / METHANE / POLYETHYLENE PLASTIC MEDIA
 ROMERUN WONGVILAIRUT : HIGH STRENGTH WASTEWATER TREATMENT USING
 POLYETHYLENE PLASTIC MEDIA ANAEROBIC HYBRID FILTER, THESIS ADVISOR :
 ASSOC. PROF. PETCHPORN CHAWAKITCHAREON, Ph.D. 140 pp. ISBN 974332-949-8

This research studies the efficiency of an anaerobic hybrid filter with a polyethylene plastic media for treating high strength wastewater. The experiments were carried out by using 2 sets of anaerobic filters which were made of 0.07 m. diameter PVC cylinder. Both filters had the same height - 2.8 meters. These anaerobic filters contained polyethylene plastic media which had a diameter of 70 mm. And a height of 22 mm. The percent of void ratio was 90% and the surface area was $109 \text{ m}^2/\text{m}^3$ of media which floated up halfway in the tank. The height of the media in the anaerobic filter was 1.25 m. The feeding of wastewater was up flow. The COD of the synthetic wastewater was 5500 mg/l. The independent variable changes in form of the feeding of wastewater were 7.5, 10, 15 and 30 l/d which corresponds to the organic loading at 3.67, 4.89, 7.33 and $14.67 \text{ kg.COD}/\text{m}^3\text{-day}$, respectively.

According to the studies, the COD removal efficiencies are 96, 72, 64 and 44% respectively. The pH of the effluent are 7.05, 6.88, 6.80 and 6.41, respectively. The ORP are -315, -303, -319 and -308 mV, respectively. The temperature of the effluent are 30.9, 27.3, 30.1 and 27.5°C . The suspended solids of the effluents are 782, 796, 1080 and 1198 mg/l. The alkalinity of the effluents are 1432, 1360, 1229 and 1477 mg/l. as calcium carbonate, the volatile fatty acid of the effluents are 428, 583, 615 and 935 mg/l. as acetic acid, the quantities of the biogas at the outlet are 9.2, 24.7, 29 and 38.9 l/day. The percentages of methane gas are 57.6, 52.9, 50.2 and 50.3. The methane yield are 0.12 0.24 0.24 and 0.27 l/g.COD removed respectively. The results indicated that the anaerobic hybrid filter can be operated with high efficiency in low organic loading. The higher the organic loading, the lower the efficiency of the anaerobic filter. Furthermore, it is believed that the polyethylene plastic media serves as the screen of the microorganic sludge wash out from the system. The high efficiency of COD removal was observed when the organic loading was lower than $14.67 \text{ kg.COD}/\text{m}^3\text{-day}$.

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....
 ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ.ดร. เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือ รวมทั้งให้คำปรึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ คณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ มูลนิธิชินโสภณพนิช ที่ให้ทุนอุดหนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณ บริษัท ธรรมสวรรค์ จำกัด สนับสนุนตัวกลางพลาสติกที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณพี่ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ได้แก่ พี่อรรถ พี่จุม พี่หมี พี่กึ่ง พี่ปอง พี่อาท พี่ธรรมและพี่อื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนาม รวมทั้งเพื่อนๆร่วมทุกๆคนในภาค ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาทำการทดลอง รวมทั้งช่วยดูแลถึงกรงเป็นอย่างดี ขอขอบคุณเป็นพิเศษกับเพื่อนๆ มานะ ปอม เอก ที่คอยให้ความช่วยเหลือต่างๆระหว่างทำเล่ม

สุดท้ายข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา เป็นอย่างสูงที่ให้กำลังใจ และความห่วงใย ตลอดการทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนสนับสนุนการศึกษาของบุตรตลอดมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญรูป.....	ฌ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย.....	2
2.1 วัตถุประสงค์.....	2
2.2 ขอบเขตการวิจัย.....	2
บทที่ 3 ทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ.....	3
3.1 จุลชีวะและชีวเคมีของกระบวนการย่อยแบบไร้อากาศ.....	3
3.2 แบคทีเรียในกระบวนการย่อยแบบไร้อากาศ.....	3
3.3 ขั้นตอนของปฏิกิริยาการย่อยแบบไร้อากาศ.....	4
3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการย่อยแบบไร้อากาศ.....	5
3.4.1 อุณหภูมิ.....	5
3.4.2 พีเอช.....	5
3.4.3 ระยะเวลาที่กักน้ำและระยะเวลาที่กักตะกอน.....	6
3.4.4 สภาพความเป็นต่าง.....	6
3.4.5 ความเป็นพิษ.....	6
3.4.6 ศักยภาพการให้และรับอิเล็กตรอน.....	9
3.5 ประเภทของกระบวนการไร้ออกซิเจน.....	9
3.5.1 ถังย่อยสลัดจ์.....	9
3.5.2 ถังย่อยแบบสัมผัส.....	11
3.5.3 ถังย่อยแบบแยกเชื้อ.....	11
3.5.4 ถังกรองไร้อากาศ.....	12
3.5.5 ระบบชั้นลอยตัวแบบไร้ออกซิเจน.....	13
3.5.6 ระบบยูเอเอสบี.....	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.2 ระบบจานหมุนชีวภาพไร้ออกซิเจน.....	15
3.5.3 ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ.....	16
3.5.4 บ่อบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ.....	17
3.6 ถังกรองไร้อากาศ.....	17
3.6.1 ลักษณะทั่วไป.....	17
3.6.2 ข้อดีและข้อเสียของถังกรองไร้อากาศ.....	20
3.7 ความด้อยเสถียรภาพของปฏิบัติการไร้ออกซิเจน.....	21
3.7.1 สาเหตุที่ทำให้มีความด้อยเสถียรภาพ.....	21
3.7.2 สัญญาณเตือนของการเสถียรภาพ.....	21
3.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 4 การวางแผนการวิจัย.....	32
4.1 แผนการทดลอง.....	32
4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	32
4.3 น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง.....	36
4.4 การดำเนินการทดลอง.....	38
4.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์น้ำเสีย.....	38
4.6 วิธีที่ใช้วิเคราะห์.....	40
บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิจารณ์.....	41
5.1 ผลการดำเนินการวิจัย.....	42
5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของถังกรองไร้อากาศ.....	45
5.2.1 ค่าพีเอช อุณหภูมิ และโออาร์พี.....	45
5.2.2 กรดระเหยง่าย สภาพต่างทั้งหมด.....	50
5.2.3 ตะกอนแขวนลอย ตะกอนไวลาไทล์.....	54
5.2.4 ซีไอดี และประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี.....	57
5.2.5 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ.....	60
5.3 ผลการทดลองตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ.....	62
5.3.1 ค่าพีเอช และโออาร์พี.....	62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3.2	กรดระเหยง่าย สภาพต่างทั้งหมด และอัตราส่วนกรดระเหยง่าย ต่อสภาพต่างทั้งหมด.....	63
5.3.3	ตะกอนแขวนลอย ตะกอนโวลูไทล์.....	67
5.3.4	ซีไอดี.....	67
5.4	วิจารณ์ผลการทดลอง.....	71
5.4.1	อิทธิพลของอัตราส่วนอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี....	71
5.4.2	ลักษณะการวางตัวกลางและตำแหน่งของชั้นตัวกลางที่มีผล ต่อการทำงานของถังกรองไร้อากาศ.....	73
5.4.3	ลักษณะเซลล์แบคทีเรียในถังกรองไร้อากาศ.....	75
5.4.4	ลักษณะการทำงานของถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริด.....	80
บทที่ 6	สรุปการทดลอง.....	82
6.1	สรุปผลการทดลอง.....	81
บทที่ 7	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	
7.1	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	84
	รายการอ้างอิง.....	86
	ภาคผนวก ก.....	91
	ภาคผนวก ข.	116
	ภาคผนวก ค.	123
	ภาคผนวก ง.	129
	ภาคผนวก จ.	135
	ภาคผนวก ฉ.	138
	ประวัติผู้เขียน.....	140

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ค่าไออาร์พีของปฏิกิริยาประเภทต่างๆ.....	22
4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราภาวะอินทรีย์ โดยการเปลี่ยนอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถัง กรองไร้อากาศ.....	32
4.2 ตัวแปรตามที่จะวิเคราะห์ และความถี่ในการวิเคราะห์.....	40
5.1 สรุปชุดการทดลอง.....	41
5.2 ค่าเฉลี่ยพีเอชในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ.....	45
5.3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ.....	47
5.4 ค่าเฉลี่ยไออาร์พีในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ.....	50
5.5 ค่าเฉลี่ยกรดระเหยง่ายในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ.....	50
5.6 ค่าเฉลี่ยสภาพความเป็นด่างทั้งหมดในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ.....	52
5.7 ค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ.....	54
5.8 ค่าเฉลี่ยตะกอนโวลลาไทล์ในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ.....	57
5.9 ค่าเฉลี่ยซีโอติและเปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอติในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ.....	57
5.10 ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซทั้งหมดในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ.....	60
5.11 ค่าเฉลี่ยพีเอชและค่าเฉลี่ยไออาร์พีที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ.....	62
5.12 ค่าเฉลี่ยกรดระเหยง่าย ค่าเฉลี่ยสภาพต่างทั้งหมดและค่าเฉลี่ยอัตราส่วนกรดระเหย ง่ายต่อสภาพต่างทั้งหมดที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ.....	65
5.13 ค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยและค่าเฉลี่ยตะกอนโวลลาไทล์ที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูง ของถังกรองไร้อากาศ.....	68
5.14 ค่าเฉลี่ยซีโอติที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ.....	70
5.15 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเม็ดพลาสติกและของถังกรอง ไร้อากาศที่มีตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน.....	73
5.16 ความเร็วการไหลขึ้น.....	74

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 ปฏิกิริยาการทำลายพิษของโลหะโดยซัลไฟด์ในสภาวะไร้ออกซิเจน.....	8
3.2 ดัชนียอกานิดอัตราค่า.....	10
3.3 ดัชนียอกแบบอัตราสูง.....	10
3.4 ดัชนียอกแบบอัตราสูงที่มีการแยกตะกอน.....	11
3.5 ระบบดัชนียอกแบบสัมผัส.....	11
3.6 ระบบดัชนียอกแบบสองเฟส.....	12
3.7 ดัชนีกรองไร้อากาศ.....	13
3.8 ระบบชั้นลอยตัวแบบไร้ออกซิเจน.....	14
3.9 ระบบยูเอเอสบี.....	15
3.10 ระบบจานหมุนชีวภาพไร้ออกซิเจน.....	16
3.11 ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน.....	16
4.1 ดัชนีกรองไร้อากาศ.....	33
4.2 ก๊าซมิเตอร์.....	35
4.3 ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนที่ใช้ในการวิจัย.....	37
4.4 Flow Diagram ของระบบดัชนีกรองไร้อากาศ.....	39
5.1 การติดตั้งอุปกรณ์ของระบบดัชนีกรองไร้อากาศ.....	42
5.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดัชนีกรองไร้อากาศที่มีอัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	46
5.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำทิ้งของดัชนีกรองไร้อากาศที่มีอัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	48
5.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไออาร์พีน้ำเข้าและน้ำทิ้งของดัชนีกรองไร้อากาศที่มีอัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	49
5.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงกระแชน้ำเข้าและน้ำทิ้งของดัชนีกรองไร้อากาศที่มีอัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	51
5.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างทั้งหมดน้ำเข้าและน้ำทิ้งของดัชนีกรองไร้อากาศที่มีอัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	53
5.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งของดัชนีกรองไร้อากาศที่มีอัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนเวลาไหลของน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่มีอัตรา ภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	56
5.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีน้ำเข้าและน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่มีอัตรา อินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	58
5.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดีน้ำเข้าและน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่มี อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	59
5.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพน้ำเข้าและน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่มี อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	61
5.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศที่มีอัตราภาระ อินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	64
5.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไออาร์ที่ตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศที่มีอัตราภาระ อินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	64
5.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณกรดระเหยง่ายตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศที่มี อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	66
5.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพต่างทั้งหมดตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศที่มี อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	66
5.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนกรดระเหยง่ายต่อสภาพต่างทั้งหมดตามระยะความ สูงของถังกรองไร้อากาศที่มีอัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	67
5.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศที่มี อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	69
5.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนเวลาไหลตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศที่มี อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	69
5.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศที่มีอัตราภาระ อินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	70
5.20 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ.....	71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.21 ลักษณะทั่วไปของชั้นตะกอนภายในถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน.....	77
5.22 ลักษณะทั่วไปของชั้นตะกอนภายในถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระอินทรีย์ 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.วัน.....	78
5.23 แสดงลักษณะผิวนอกของเม็ดตะกอนจากถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระอินทรีย์ 4.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน กำลังขยาย 90 เท่า.....	79
5.24 แสดงลักษณะภายในของเม็ดตะกอนที่ได้ทำการผ่าตามขวางที่อัตราภาระอินทรีย์ 4.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน กำลังขยาย 180 เท่า.....	79
5.25 รูปขยายเซลล์แบคทีเรียภายในถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระอินทรีย์ 4.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ล.-วัน กำลังขยาย 4500 เท่า.....	80

บทที่ 1

บทนำ



ในปัจจุบันพบว่าปัญหามลพิษทางน้ำ ถือว่าเป็นปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่ง ซึ่งทุกๆ คนในสังคมตระหนักดี เนื่องมาจากการปล่อยของเสียต่างๆ ลงสู่ธรรมชาติไม่ว่าจะมาจาก ชุมชนบ้านเรือน หรือจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือจากกิจกรรมทางการเกษตร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อม ต่อแม่น้ำลำคลองทั้งสิ้น ดังนั้นการใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อทำการบำบัดน้ำเสีย ก่อนปล่อยลงสู่ธรรมชาติ จึงเป็นแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดในขณะนี้ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสีย ได้มีการพัฒนาระบบต่าง ๆ ไปอย่างมากมาย เพื่อให้ผลการบำบัดมีประสิทธิภาพสูงสุด ระบบบำบัดน้ำเสียประเภทระบบถังกรองไร้อากาศ เป็นระบบหนึ่งซึ่งได้รับความสนใจ เนื่องมาจากว่าสามารถรับค่าความสกปรกได้สูง นอกจากนี้ยังได้ก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการบำบัดไปใช้เป็นพลังงานได้ โดยระบบนี้เป็นระบบที่ภายในถังจะมีตัวกลางบรรจุอยู่เพื่อให้จุลินทรีย์เกาะอาศัย ซึ่งจุลินทรีย์ชนิดนี้ใช้อากาศจะย่อยสารอินทรีย์ ในน้ำเสีย และเปลี่ยนสภาพกลายเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ตัวกลางยังเป็นสิ่งสำคัญที่มีอิทธิพลต่อระบบในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียได้มาก จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้ตัวกลางพลาสติกบรรจุในถังกรองไร้อากาศแบบครึ่งถังลอย และทำการป้อนน้ำเสียแบบไหลขึ้น สามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ (เจษฎา ศรีศึก, 2527) สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการทดลองนำตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนมาใช้ในระบบถังกรองไร้อากาศเพื่อศึกษา ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์

- 2.1.1 เพื่อหาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ของถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดที่ใช้ตัวกลางเป็นพลาสติกที่ทำจากโพลีเอทิลีน
- 2.1.2 ศึกษาถึงอิทธิพลของระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT) ที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของเครื่องกรองไร้อากาศ

2.2 ขอบเขตของการวิจัย

- 2.2.1 น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีซีโอดีประมาณ 5,500 มก./ล. ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลทราย และแอมโมเนียที่จำเป็นต่อแบคทีเรีย โดยควบคุมให้มีอัตราส่วนของ COD:N:P เท่ากับ 100:1.1:0.7 (โรมวัน ศรีสัมฤทธิ์, 2523)
- 2.2.2 การวิจัยครั้งนี้จะใช้ตัวแปรเปลี่ยนอิสระ คือระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT) 4 ค่าได้แก่ 9 18 27 และ 36 ชั่วโมง ตามลำดับ
- 2.2.3 ตัวกลางที่ใช้ในการวิจัย เป็นตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน ที่มีขายในท้องตลาดสำหรับใช้ในงานบำบัดน้ำเสียจริง

บทที่ 3 ทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ

3.1 จุลชีวและชีวเคมีของกระบวนการย่อยแบบไร้อากาศ

การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ ในกระบวนการย่อยแบบไร้อากาศ มีลักษณะแตกต่างจากกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ คือไม่มีออกซิเจนอิสระซึ่งเป็นสารรับอิเล็กตรอนมาเกี่ยวข้อง โดยปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการย่อยเป็นปฏิกิริยาที่สารอินทรีย์ถูกเปลี่ยนโดยจุลินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ เล็กน้อยโดยมีลักษณะเป็นขั้นตอนที่ซับซ้อน

3.2 แบคทีเรียในกระบวนการย่อยแบบไร้อากาศมี 2 ชนิด ได้แก่

3.2.1 แบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน

แบคทีเรียชนิดนี้ประกอบด้วย 2 พวก คือ แบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Obligate anaerobes) และ แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนบ้าง (Facultative) โดยแบคทีเรียในกลุ่มนี้ จะสร้างไฮโดรเจนจากการดอินทรีย์ขนาดใหญ่ และทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม ระหว่างแบคทีเรียที่สร้างมีเทนและแบคทีเรียที่สร้างกรดแบบธรรมดา

3.2.2 แบคทีเรียที่สร้างมีเทน

แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจะเจริญเติบโตได้ช้าและยังเป็นเซลล์ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก โดยแบคทีเรียที่สร้างมีเทนแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

3.2.2.1 แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน โดยนำคาร์บอนมาจากคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานจากไฮโดรเจน หลายชนิดใช้กรดฟอร์มิกเป็นสารอาหารอย่างเดียวเพราะว่าแตกตัวเป็นไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ง่าย ดังสมการ



โดยแบคทีเรียชนิดนี้จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH มากโดยช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 6.7 - 7.4 (McCarty, 1964) ซึ่งจะสร้างมีเทนดังสมการต่อไปนี้



โดยจะเรียกแบคทีเรียชนิดนี้ว่า Hydrogenotrophic methanogen

3.2.2.2 แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากกรดอะซิติกโดยใช้อะเซเตตเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย และใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งจะใช้พลังงานพอเพียงสำหรับการดำรงชีพ โดยการสร้างมีเทนเป็นดังสมการต่อไปนี้



นอกจากการสร้างมีเทนจากการออกซิเดชันไฮโดรเจน มีเทนส่วนใหญ่ยังสร้างจากการแตกตัวของอะเซเตต ดังสมการ



พบว่าแบบนี้จะให้พลังงานน้อยกว่าแบบที่ออกซิเดชันไฮโดรเจนในปัจจุบันยังไม่มีการชี้ชัดว่าส่วนไหนสำคัญกว่ากัน แต่พอสรุปได้ว่า กลไกการสร้างมีเทนจะมีอะเซเตตเป็นตัวสำคัญ โดยแบคทีเรียที่สร้าง มีเทนเรียกว่า Acetoclastic methanogen

3.3 ขั้นตอนของปฏิกิริยาการย่อยแบบไร้อากาศ

แบ่งออกเป็น 4 ลำดับขั้นตอน คือ

3.3.1 กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

ไฮโดรไลซิส เป็นกระบวนการย่อยสลายโมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันให้กลายเป็นโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมัน โดยการปล่อยเอนไซม์ของแบคทีเรียในการย่อยสลาย ในขั้นตอนนี้ยังไม่มีการลดค่ารีดอกซ์ แต่เป็นการย่อยสลายโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลง

3.3.2 กระบวนการสร้างกรด (Acidogenesis)

ผลจากปฏิกิริยาแรกจะถูกแบคทีเรียพวกสร้างกรดนำไปใช้เพื่อผลิตกรดระเหยง่าย (Volatile fatty acid) เช่น กรดอะซิติก กรดโฟสโฟนิก กรดบิวไทริก เป็นต้นซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และมีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 5 ตัว

3.3.3 กระบวนการสร้างกรดอะซิติกจากกรดไขมันระเหย (Acetogenesis)

กรดไขมันระเหยที่ได้จากกระบวนการ Acidogenesis จะถูกแบคทีเรียอะซิโตจีนิก (acetogenic) เปลี่ยนให้เป็นการดักจับ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นได้เฉพาะสภาวะที่ไฮโดรเจนมีความดันพาร์เชียลต่ำเท่านั้น กระบวนการสร้างมีเทน กรดอะซิติก และไฮโดรเจน จะถูกแบคทีเรียใช้สร้างก๊าซมีเทนภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน นอกจากกรดอะซิติกและไฮโดรเจนแล้ว แบคทีเรียอาจใช้สสารพวกอื่นผลิตมีเทนได้ เช่น เมทานอล กรดฟอร์มิก

3.3.4 กระบวนการสร้างมีเทน(Methanogenesis)

กรดอะซิติก ไฮโดรเจน กรดฟอร์มิก และคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียที่สร้างกรด จะถูกใช้โดยแบคทีเรียอีกประเภทหนึ่งเพื่อสร้างมีเทน แบคทีเรียประเภทนี้เรียกว่า แบคทีเรียสร้างมีเทน

3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการย่อยแบบไร้อากาศ

3.4.1 อุณหภูมิ

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการย่อยแบบไร้อากาศนั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมมีอยู่ 2 ช่วง คือ ช่วงการทำงานของ มีโซฟิลิคแบคทีเรีย (Mesophilic Bacteria) จะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30-40° ซ และช่วงการทำงานของเทอร์โมฟิลิคแบคทีเรีย (Thermophilic Bacteria) จะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 45-55° ซ โดยอุณหภูมินั้นีผลต่อการผลิตก๊าซของแบคทีเรียเป็นอย่างมาก การลดหรือเพิ่มอุณหภูมิแม้เพียง 2-3° ซ. จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงก๊าซมีเทนเป็นอย่างมาก

Rintala และ Lettinga (1992) ได้ศึกษาถึงการเพิ่มอุณหภูมิจาก 37 ถึง 55 องศาเซลเซียส ต่อการบำบัดแบบแอนแอโรบิกของของเสียกรด ที่มีซัลเฟตสูง โดยกล่าวว่าประสิทธิภาพในการกำจัดอซิเจน และ โฟสโฟเนท มีค่าเกินกว่า 80-90% ในระบบ UASB โดยบำบัดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของ UASB ถึง 55 องศาเซลเซียส โดยเพิ่ม 1-3 องศาเซลเซียส/วัน แสดงผลว่าเกิดการหยุดอย่างสมบูรณ์ของการเปลี่ยนแปลงของโฟสโฟเนทและซัลเฟตที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส และการเปลี่ยนแปลงของอซิเจนที่อุณหภูมิ 51-53 องศาเซลเซียส การเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (2-4 ชั่วโมง) จะหยุดประสิทธิภาพ การบำบัดทั้งหมดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

3.4.2 พีเอช

ค่าพีเอชเป็นตัวที่จะบ่งชี้ถึงสภาพภายในของระบบหมักแบบไร้อากาศได้ แต่จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงช้ามาก เมื่อค่าของกรดโวลาทิลมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น ค่าพีเอช จึงเป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงผลออกมาได้ช้า สำหรับการแก้ไขสภาวะในระบบหมักแบบไร้อากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของกรดโวลาทิล แต่อย่างไรก็ตาม ค่าพีเอชยังเป็นสิ่งสำคัญในการควบคุมระบบการย่อยแบบไร้อากาศ โดยพีเอช ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.7-7.4 (McCarty, 1964) ซึ่งเหมาะแก่การทำงานของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน

3.4.3 ระยะเวลาพักน้ำ (HRT) และอายุสลัดจ์ (SRT)

SRT เป็นตัวแปรอีกตัวที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของเครื่องกรองไร้อากาศ Mueller และ Mancini (1977) ได้สรุปว่า SRT ที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องกรองไร้อากาศ ไม่ควรต่ำกว่า 100 วัน ทั้งนี้เนื่องมาจากแบคทีเรียที่สร้างมีเทนอันตรายการเจริญเติบโตช้า ส่วน HRT ที่มีค่ามาก จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูง

การลดค่า HRT ของเครื่องกรองจะทำให้แบคทีเรียมีเวลาสัมผัสน้ำเสียได้น้อยลง ซึ่งอาจมีผลดี คือ ทำให้ลดขนาดของเครื่องกรองลงได้ แต่ถ้าหากเครื่องกรองทำงานในสภาวะที่มีค่า HRT ต่ำเกินไป ก็จะมีผลทำให้ตะกอนแบคทีเรียหลุดจากระบบได้มาก ซึ่งมีผลให้ค่า SRT ลดลง และทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีลดลงด้วย

3.4.4 สภาพความเป็นด่าง

สภาพความเป็นด่างทั้งหมดจะมีความสำคัญน้อยกว่า สภาพด่างไบคาร์บอเนตเพราะในระบบไร้ออกซิเจน สภาพด่างทั้งหมดจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ส่วนสภาพด่างไบคาร์บอเนตจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เมื่อมีการคอคอนทรีรีระเหยเกิดขึ้นในระบบ

ปัจจัยที่สำคัญกว่าสภาพความเป็นด่าง คือ อัตราส่วนความเข้มข้นของกรดโวลไทล์ต่อระดับสภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนต ($VFA:HCO_3$) ตรวจวัดที่อัตราส่วนความเข้มข้นของกรดโวลไทล์น้อยกว่า 0.4 ระบบจะมีบัฟเฟอร์สูง แต่ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าสูงกว่า 0.8 แสดงว่าระบบกำลังอยู่ในขั้นที่ pH จะลดลงอย่างรวดเร็วถ้ากรดโวลไทล์มีการเพิ่มเพียงเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้ระหว่างการควบคุมจึงจำเป็นต้องตรวจค่าอัตราส่วนนี้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของมัน

3.4.5 ความเป็นพิษ

3.4.5.1 กรดโวลไทล์

กรดโวลไทล์มีผลต่อแบคทีเรียในระบบไร้ออกซิเจน เพราะจะทำให้ค่าพีเอชลดลง ดังนั้นระบบจะประสบความสำเร็จ ต้องมีการควบคุมการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นกรดโวลไทล์กับการเปลี่ยนกรดโวลไทล์เป็นก๊าซมีเทนให้สมดุลกัน โดยทั่วไประบบไร้ออกซิเจนควรจะมี ปริมาณกรดโวลไทล์ประมาณ 50-500 มก./ลิตร (วัดในทอมกรดอะซิติก)

3.4.5.2 แอมโมเนีย

เป็นอีกสารหนึ่งที่เกิดจากการย่อยตะกอนจากน้ำเสียชุมชนซึ่งเป็นพิษต่อแบคทีเรีย เกิดจากการที่โปรตีนสลายตัว ไนโตรเจนจะถูกปล่อยในรูปของแอมโมเนีย โดยแอมโมเนียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) หรือแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ขึ้นกับค่าพีเอช ของระบบ ถ้าค่าพีเอช เท่ากับ 7.2 หรือต่ำกว่า แอมโมเนียเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออนซึ่งมีพิษน้อย

3.4.5.3 แคทไอออนของโลหะเบา

เกิดจากการที่ต้องควบคุมระบบโดยต้องรักษา ค่าพีเอชให้เป็นกลาง จึงมีการเติมเบส และต้องระมัดระวังแคทไอออนของโลหะเบาที่เกี่ยวข้องกับเบสเกือบทั้งหมด สามารถให้ผลที่เป็นพิษ ซึ่งแคทไอออนของโลหะเบาเหล่านี้ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

3.4.5.4 ซัลไฟด์

เกิดในระบบไร้ออกซิเจนจากการรีดิวซ์ของซัลเฟตที่มีอยู่ในน้ำเสียที่เข้าระบบ และในการสลายตัวของโปรตีน ถ้าความเข้มข้นของซัลไฟด์ละลายมากกว่า 200 ก./ลบ.ม. ปฏิกริยาของแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทนจะถูกยับยั้ง การเติมโลหะหนักจะเข้าไปจับกับซัลไฟด์สร้างผลึกที่ไม่ละลาย (Lawrence และคณะ, 1964)

3.4.5.5 โลหะหนัก

ส่วนที่จะเป็นพิษคือส่วนที่ละลายน้ำเท่านั้น ความเข้มข้นละลายของมันสามารถลดลงจนไม่เป็นพิษ โดยการตกผลึกด้วยซัลไฟด์ (Lawrence และคณะ, 1964) ดังแสดงในรูปที่ 3.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.6 ศักยภาพการให้และรับอิเล็กตรอน (Oxidation-Reduction Potential)

ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปสู่อีกสารหนึ่ง เรียกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-Reduction Reaction) หรือปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) ซึ่งเกิดจากผลรวมของปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชัน

ความแตกต่างด้านความสามารถให้หรือรับอิเล็กตรอนระหว่างปฏิกิริยาทั้งสอง อาจวัดได้ด้วยค่าออกซิเดชัน-รีดักชันโพเทนเชียล หรือเรียกสั้นๆว่าโออาร์พี (ORP) ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นในน้ำส่วนใหญ่มักเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยที่สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียมักเป็นตัวให้อิเล็กตรอนและเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ ซึ่งในระบบแบบไร้ออกซิเจนจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์หรือกรดอะซิติกเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ถ้าค่าโออาร์พีเป็นบวกแสดงว่ามีความสามารถในการรับอิเล็กตรอน แต่ถ้าค่าโออาร์พีเป็นลบแสดงว่าเป็นตัวให้อิเล็กตรอน

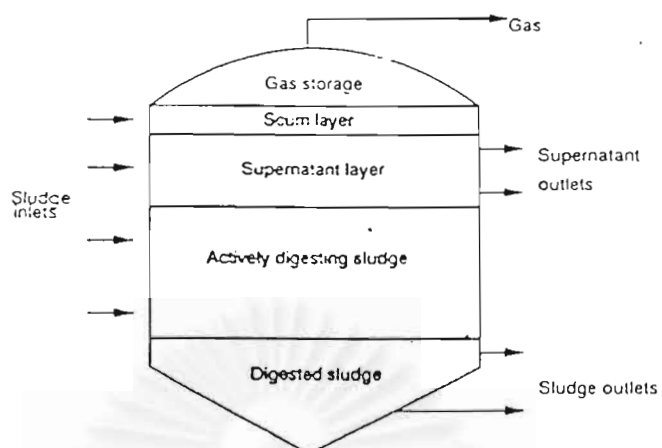
ประโยชน์ของโออาร์พีในการบำบัดน้ำเสีย

- 1) ใช้เพื่อควบคุมปัญหาด้านกลิ่นจากโรงบำบัดน้ำเสีย
- 2) ควบคุมการเติมอากาศในขบวนการย่อยตะกอน
- 3) ควบคุมระบบหมักแบบไร้ออกซิเจน
- 4) ควบคุมปัญหาที่เกิดจากออกซิเดนต์ หรือรีดักแทนท์ในโรงงานอุตสาหกรรม

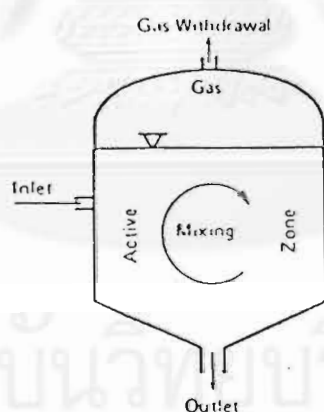
3.5 ประเภทของกระบวนการไร้ออกซิเจน

3.5.1 ถังย่อยสลัดจ์ (บำบัดสลัดจ์)

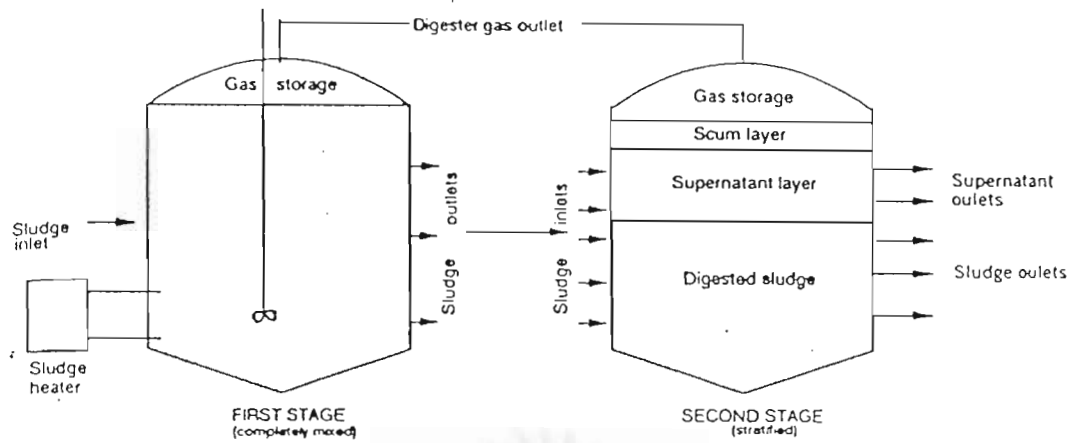
ระบบนี้ใช้บำบัดสลัดจ์ซึ่งเป็นตะกอนอินทรีย์ ส่วนประกอบหลักของระบบนี้แสดงในรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 รูปที่ 3.2 เป็นถังย่อยที่ไม่มีกวนตะกอนและไม่รับอุณหภูมิให้กับสลัดจ์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถังจึงช้าและไม่ทั่วถึง ถังแบบนี้จึงเรียกว่าถังย่อยแบบอัตราต่ำ (low rate digester) รูปที่ 3.3 เป็นถังย่อยแบบที่มีการกวนและมีการปรับอุณหภูมิด้วย ปฏิกิริยาการกำจัดสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้ดีกว่าแบบแรก ถังย่อยแบบนี้จึงเรียกว่าถังย่อยแบบอัตราสูง (high rate digester) ส่วนรูปที่ 3.4 เป็นแบบที่มีการแยกตะกอนออกจากน้ำ ถ้าต้องการกำจัดสารอินทรีย์จำนวนเดียวกัน ถังย่อยแบบอัตราสูงจะมีขนาดเล็กกว่าแบบอัตราต่ำ



รูปที่ 3.2 ถังย่อยชนิดอัตราต่ำ
ที่มา: Bitton, 1994



รูปที่ 3.3 ถังย่อยแบบอัตราสูง
ที่มา: Bitton, 1994

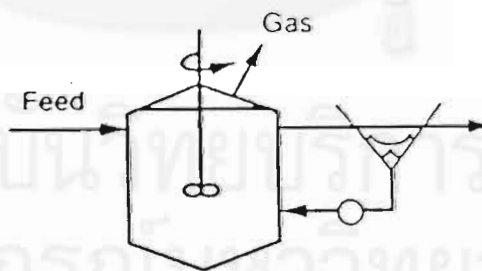


รูปที่ 3.4 ถังย่อยแบบอัตราสูงที่มีการแยกตะกอน

ที่มา: Bitton, 1994

3.5.2 ถังย่อยแบบสัมผัส (Anaerobic Contact)

ถังย่อยแบบนี้ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย สารอินทรีย์ที่ต้องการกำจัดอาจเป็นของแข็งหรือสารละลาย ถังย่อยแบบสัมผัสนี้อาจเป็นถังปฏิกริยาแบบมีการหมุนเวียนตะกอนหรือไม่ก็ได้ (ดูรูปที่ 3.5) ดังนั้นถังย่อยแบบสัมผัสจึงมีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกับระบบเอเอส จนกระทั่งในบางครั้งอาจเรียกถังย่อยตะกอนแบบนี้ว่าเป็นระบบเอเอสแบบไร้ออกซิเจน (anaerobic activated sludge) อย่างไรก็ตามระบบนี้ไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีเหมือนกับระบบเอเอส การสะสมแบคทีเรียให้คงอยู่ในระบบไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากสลัดจ์ที่เกิดขึ้นไม่สามารถตกตะกอนได้ดีเหมือนสลัดจ์ของระบบเอเอส จึงมีการหลุดหนีของสลัดจ์เกิดขึ้นตลอดเวลาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในปัจจุบันระบบถังย่อยแบบสัมผัสจึงแทบเหลือแต่ชื่อเนื่องจากมิได้มีผู้นำไปใช้ประโยชน์อีกเลย



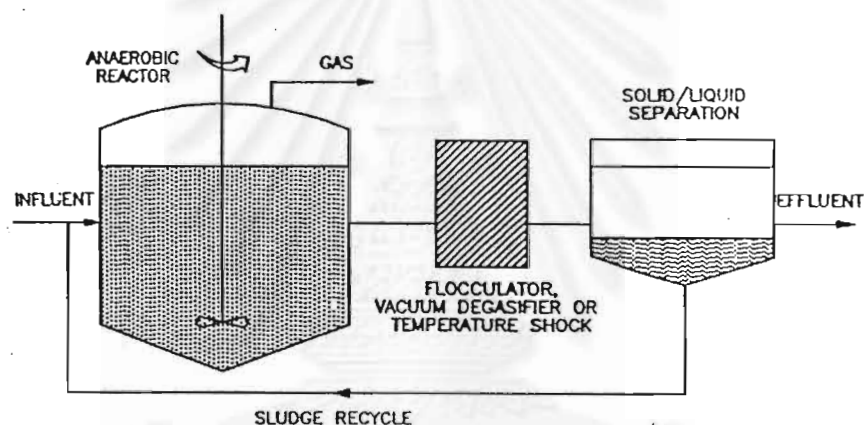
รูปที่ 3.5 ระบบถังย่อยแบบสัมผัส

ที่มา: Mefcalf และ Eddy, 1991

3.5.3 ถังย่อยแบบแยกเชื้อ

ได้มีความพยายามในการออกแบบถังย่อยแบบแยกประเภท เพื่อให้แบคทีเรียสร้างกรดและสร้างมีเทนเติบโตอยู่ในถังย่อยคนละใบ ลักษณะเช่นนี้เชื่อว่าแบคทีเรียแต่ละชนิดจะทำงานได้เต็มกำลัง และเป็น

การใช้ประโยชน์จากดั่งปฏิกิริยาให้ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังเชื่อว่าทำให้การควบคุมการทำงานของถังย่อยมีความสะดวกยิ่งขึ้น รูปที่ 3.6 แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบของถังย่อยแบบแยกเชื้อที่ใช้พีเอชเป็นตัวกำหนดและควบคุมแบคทีเรียในถังย่อย ถังใบแรกซึ่งมีค่าพีเอชประมาณ 6 จะมีแต่แบคทีเรียประเภทสร้างกรด ส่วนถังที่สองซึ่งมีพีเอชประมาณ 7 จะมีแบคทีเรียสร้างมีเทน การควบคุมพีเอชแบบอัตโนมัติเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับถังใบแรกเท่านั้น ก๊าซไฮโดรเจนที่สร้างขึ้นในถังใบแรกจะถูกปล่อยทิ้งออกไปจากถังเพื่อมิให้เกิดการสะสมตัวจนเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่สร้างกรด



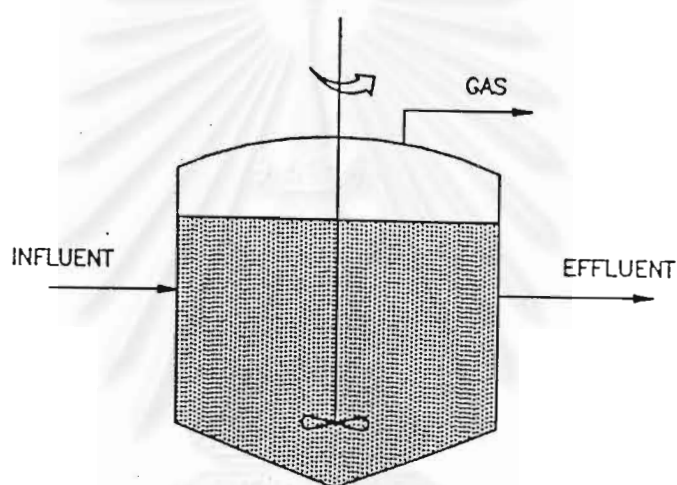
รูปที่ 3.6 ระบบถังย่อยแบบสองเฟส
ที่มา: Malina, 1992

3.5.4 ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)

รูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นถึงลักษณะทั่วไปของถังกรองแบบไร้อากาศ ส่วนประกอบที่สำคัญคือถังสูงที่มีลักษณะคล้ายถังกรอง แต่บรรจุภายในด้วยหินขนาด 1.5-2 นิ้ว หรืออาจใช้ตัวกลางพลาสติกแทนก็ได้ น้ำเสียจะไหลเข้าจากข้างล่างขึ้นข้างบน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้น้ำท่วมตัวกลางอยู่ตลอดเวลา ถ้าทำให้แบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกจับอยู่ภายในถังกรองน้ำที่ไหลออกมาจะมีความใสโดยไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนต่างหาก โดยปกติถังย่อยแบบเครื่องกรองมีขนาดเล็กกว่าถังย่อยแบบธรรมดาเพราะใช้เวลากักน้ำต่ำกว่า อย่างไรก็ตามถังกรอง

แบบไร้อากาศ มีจุดอ่อนบางอย่างที่ต้องแก้ไขปัญหาที่สำคัญก็คือ ต้องหาวิธีการกระจายน้ำเสียให้ไหลเข้าถังกรองให้ได้อย่างสม่ำเสมอ เรื่องการอุดตันก็เป็นปัญหาเหมือนกัน แต่สามารถแก้ไขหรือบรรเทาได้โดยให้มีการตกตะกอนน้ำเสียก่อนส่งเข้าถังกรองไร้ออกซิเจน

ถังกรองไร้อากาศแบบนี้มีข้อดีมากกว่าแบบอื่นๆ ที่กล่าวไปแล้ว เนื่องจากมีความสามารถในการเก็บกักเซลล์แบคทีเรียได้ดีกว่า ทำให้มีความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีโอดีไม่สูงมากก็ได้

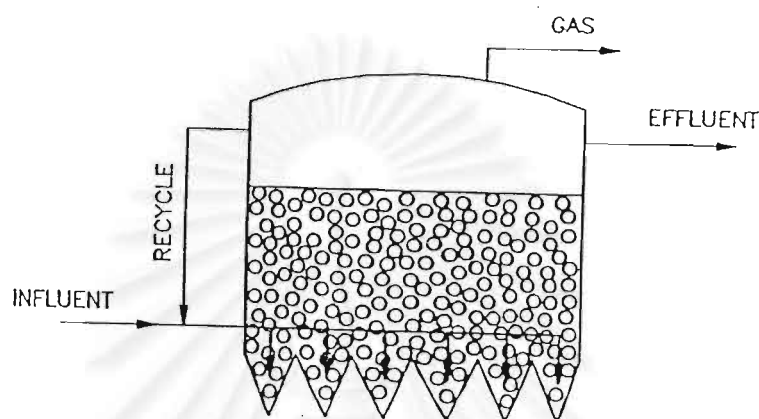


รูปที่ 3.7 ถังกรองไร้อากาศ
ที่มา: Joseph, 1992

3.5.5 ระบบชั้นลอยตัวแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Fluidized Bed หรือ AFB)

ระบบนี้คล้ายคลึงกับระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจนตรงที่มีน้ำไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน จัดเป็นระบบ Fixed Film แบบไร้ออกซิเจนที่มีสารตัวกลางขนาดเล็กเท่าเม็ดทรายเป็นที่จับเกาะของแบคทีเรีย (ดูรูปที่ 3.8) อัตราการไหลของน้ำเสียจะต้องสูงมากจนกระทั่งทำให้มีการลอยตัวของสารตัวกลาง ตัวอย่างสารตัวกลางที่มีการทดลองใช้ในระดับห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ทราย แอนทราไซด์ ถ่านกัมมันต์ เป็นต้น การใช้สารตัวกลางขนาดเล็ก (เมื่อเปรียบเทียบกับระบบถังกรองไร้อากาศ) ทำให้ระบบนี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (คิดต่อหน่วยปริมาตร) สูงมาก ซึ่งเท่ากับการมีแบคทีเรียจำนวนมากอาศัยอยู่ในระบบ อัตราเร็วในการบำบัดน้ำเสียของระบบนี้จึงสูงมาก ถึงปฏิกิริยาที่ใช้ในระบบจึงอาจมีขนาดเล็กกว่าระบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามลักษณะการทำงานซึ่งต้องทำให้

สารตัวกลางลอยตัวตลอดเวลาทำให้เกิดปัญหาในการออกแบบและควบคุมระบบหลายอย่าง และต้องสิ้นเปลืองพลังงานในการทำให้สารตัวกลางลอยตัวสูงกว่าระบบอื่น ระบบเช่นนี้จึงยังไม่ได้รับความนิยม



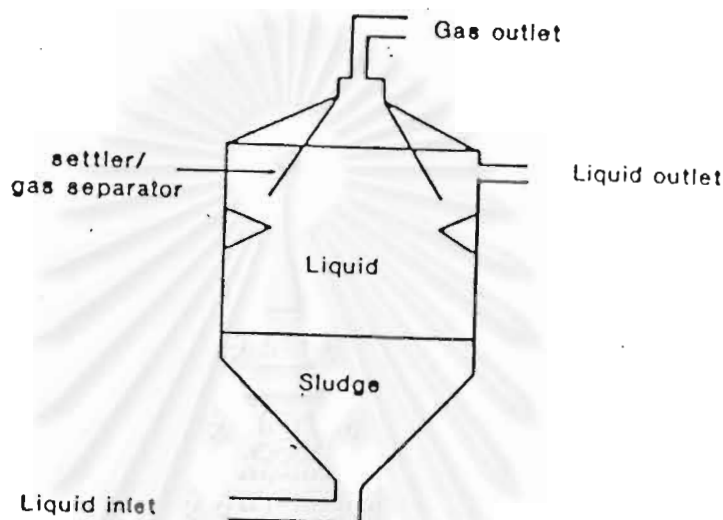
รูปที่ 3.8 ระบบชั้นลอยตัวแบบไร้ออกซิเจน
ที่มา: Malina, 1992

3.5.6 ระบบยูเอเอสบี (UASB หรือ Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

การที่ต้องมีสารตัวกลางอยู่ในระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจน และระบบ AFB ทำให้ดังปฏิกิริยาต้องเสียปริมาตรใช้งานและเสียเงินซื้อสารตัวกลางเป็นจำนวนมาก วิศวกรจึงคิดค้นระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ระบบใหม่นี้มีทิศทางการไหลของน้ำเสียจากด้านล่างขึ้นด้านบนโดยไม่ใช้ตัวกลาง แต่แบคทีเรียจะถูกเลี้ยงให้จับตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่ จนกระทั่งมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้ดี น้ำเสียที่ไหลเข้าถึงปฏิกิริยาจะทำให้เม็ดแบคทีเรียลอยตัวอยู่เป็นชั้นสลัดจ์ไม่จมลงกันถึง อนึ่ง การเลี้ยงแบคทีเรียไร้ออกซิเจนให้สามารถจับตัวกันเป็นเม็ดใหญ่นั้นเป็นเรื่องยาก ผู้ใช้ระบบนี้จึงมีเทคนิคต่างๆในการทำให้เกิดชั้นสลัดจ์ภายในถึงปฏิกิริยาและถือเป็นเรื่องเฉพาะด้วย ระบบนี้มีรายงานว่าใช้กันมากในประเทศแถบอเมริกาใต้ และมีใช้ในยุโรปบางประเทศ

จุดอ่อนของระบบคือ การสร้างชั้นสลัดจ์เป็นเรื่องยาก และอาจถือว่าเป็นเรื่องไม่ธรรมชาติของแบคทีเรียไร้ออกซิเจนไม่มีนิสัยเกาะจับกันเป็นกลุ่มฟลอค วิศวกรที่นำระบบนี้ไปใช้และประสบความสำเร็จ

อ้างว่าระบบนี้สามารถรับออร์แกนิกโพลิตได้สูงกว่าระบบไร้ออกซิเจนแบบอื่น และสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงได้ เนื่องจากสามารถป้องกันมิให้แบคทีเรียหลุดออกจากระบบได้ดีกว่าแบบอื่น ระบบ UASB นี้มักออกแบบให้มีอุปกรณ์แยกตะกอนแบคทีเรียให้หลุดออกไปกับน้ำทิ้งด้วยเสมอ (ดูรูปที่ 3.9)

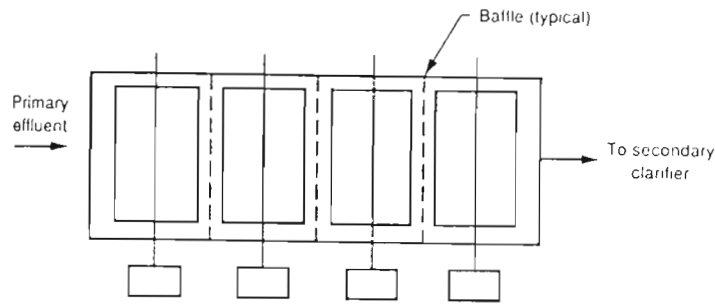


รูปที่ 3.9 ระบบยูเอเอสบี

ที่มา: Bitton, 1994

3.5.7 ระบบจานหมุนชีวภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Rotating Biological Contactor หรือ AnRBC)

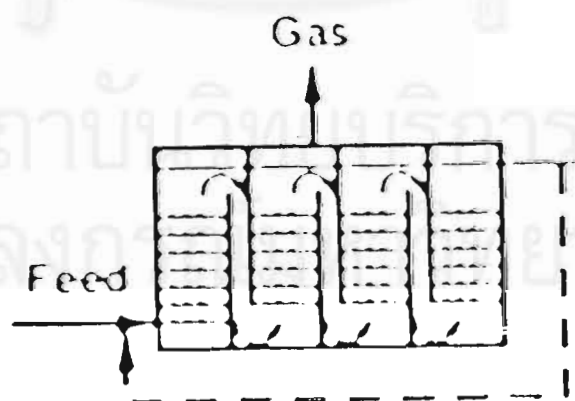
ได้เริ่มมีการทดลองโดย Tait และ Friedman, 1980 โดยใช้บำบัดน้ำเสียที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก เนื่องจากต้องการลดการใช้พลังงานในการสูบน้ำเสียให้หมุนเวียนในระบบ AFB และนำข้อดีของระบบฟิล์มตรึง (Fixed Film) และจานหมุนชีวภาพแบบธรรมดา (RBC) มาใช้ในระบบไร้ออกซิเจน ลักษณะของระบบก็คล้ายคลึงกับระบบจานหมุนชีวภาพธรรมดา เพียงแต่มีฝาปิดเพื่อมิให้สัมผัสอากาศจากภายนอก และมีช่องระบายก๊าซออกทางตอนบน (ดังรูปที่ 3.10) ผลปรากฏว่าแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนสามารถยึดเกาะและเจริญเติบโตได้ดีบนผิวแผ่นจาน มีคำอ้างว่าระบบนี้สามารถรับออร์แกนิกและไฮโดรลิกโพลิตที่สูงขึ้นอย่างกระทันหันได้ดี



รูปที่ 3.10 ระบบจานหมุนชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน
ที่มา: Mefcalf และ Eddy, 1991

3.5.8 ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน (Anaerobic Baffled Reactor หรือ ABR)

ลักษณะของระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน คือมีแผ่นกั้นเพื่อบังคับให้น้ำเสียไหลมุดขึ้นมุดลงอยู่ในแนวนอน (ดูรูปที่ 3.11) ถึงปฏิกิริยาจึงไม่จำเป็นต้องมีความสูงมากเหมือนของระบบไร้ออกซิเจนแบบอื่นๆ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ ระบบนี้ว่าเป็นระบบที่มีพื้นที่ผิวน้ำมาก ทำให้แบคทีเรียมีพื้นที่ตกตะกอนสูงกว่าระบบอื่นๆ การแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำได้ดีและง่ายเช่นกัน ลักษณะดังกล่าวทำให้การเก็บกักเซลล์สามารถกระทำอย่างได้ผลดี จึงมีมวลแบคทีเรียสะสมอยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก การบำบัดน้ำเสียจึงสามารถเกิดขึ้นได้ด้วยอัตราสูง



รูปที่ 3.11 ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน
ที่มา: Mefcalf และ Eddy, 1991

3.5.9 บ่อน้ำบาดาลเสียแบบไร้ออกซิเจน

กระบวนการไร้ออกซิเจนแบบนี้เป็นแบบง่ายที่สุด โดยมักเป็นบ่อน้ำขนาดใหญ่ที่มีความลึก 3-4 เมตร และไม่มีฝาปิด มีเวลากักน้ำนานหลาย ๆ วัน ภายในระยะเวลาดังกล่าว น้ำเสียจะถูกย่อยด้วยปฏิกิริยาแบบไร้อากาศ บ่อยครั้งมีขนาดใหญ่ จึงต้องใช้ที่ดินจำนวนมากในการสร้าง นอกจากนั้นยังอาจจะมีกลิ่นไม่ดี ระบบบ่อน้ำไร้ออกซิเจนจึงเหมาะสำหรับใช้ในชนบทหรือชานเมืองซึ่งราคาที่ดินไม่สูงนัก และมีผู้คนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น

3.6 ถังกรองไร้อากาศ

3.6.1 ลักษณะทั่วไป

3.6.1.1 ความสูงของถังกรอง จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดของถังกรองไร้อากาศ ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นไปถึงระดับหนึ่ง จากนั้นความสูงจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพ

บุญส่ง ไชเกษ (1976) ใช้ ถังกรองไร้อากาศ บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋องโดยมีหินเป็นตัวกลาง กล่าวว่าที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตรจากตอนล่างของเครื่องกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดีได้สูงสุด และความสูงของเครื่องกรองที่เหมาะสมคือ 1.20-1.50 เมตร

บุญสิน สุภักวงศ์ (1978) ใช้ถังกรองไร้อากาศ ทำความสะอาดน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัย สรุปว่าการทำงานของถังกรองไร้อากาศลึก 0.50 เมตรและลึก 1.00 เมตรให้ประสิทธิภาพในการทำงานใกล้เคียงกัน

โรมรัน ศรีสัมฤทธิ์ (1982) ศึกษาถึงการผลิตก๊าซชีวภาพจาก ถังกรองไร้อากาศที่ใช้อินทรีย์วัสดุเป็น ตัวกลาง กล่าวว่าการทำลายซีโอดีส่วนใหญ่ของถังกรองไร้อากาศเกิดอยู่ในช่วงภายใน 0.30 เมตร วัดจากก้น ถังกรอง การใช้ถังกรองขนาดที่มีความสูงไม่มากนักต่อกันอย่างอนุกรม อาจจะทำให้ผลดีกว่าถังกรองตัวเดียว ที่มีความสูงมากๆ อย่างไรก็ตามในการออกแบบถังกรองไร้อากาศ เพื่อการใช้งานจริงๆซึ่งอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าภาระอินทรีย์อย่างกะทันหัน ความสูงของเครื่องกรองจึงไม่ควรน้อยกว่า 1.20 เมตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้การทำงานของเครื่องกรองล้มเหลว

ดังนั้นโดยทั่วไปความสูงของถังกรองจะอยู่ในช่วง 1-1.8 เมตร ความสูงของถังกรองที่น้อยกว่านี้อาจมีโอกาสนำให้น้ำทิ้งมีการไหลลัดวงจรได้ง่าย (Short Circuit) ส่วนความสูงที่มากกว่า 1.80 เมตร ดูเหมือนจะ

เป็นการเปลี่ยนแปลงมากกว่าเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพที่ได้เพิ่มขึ้นจากเดิม เพราะจากงานวิจัยจะเห็นว่า กิจกรรมของแบคทีเรียส่วนใหญ่จะเกิดตอนล่างที่บริเวณ 0.30 เมตรจากกันถึงกรอง แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความสูงของถังกรองจะต้องสัมพันธ์กับ พื้นที่หน้าตัดและการกักน้ำ (HRT) ทั้งนี้เพื่อให้แบคทีเรียมีเวลาอยู่ในถังกรองได้นาน

3.6.1.2 ชนิดและสมบัติของตัวกลางในเครื่องกรองไร้ออกซิเจน ตัวกลางที่บรรจุภายในเครื่องกรองไร้ออกซิเจนมีหน้าที่กันไม่ให้เซลล์แบคทีเรียหลุดออกไปจากระบบ อีกทั้งยังเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย ซึ่งจะมีผลทำให้เซลล์หลุดออกจากระบบน้อย เซลล์จึงอยู่ในระบบนานมีค่า SRT สูงซึ่งจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียสูงด้วย

ตัวกลางที่ใช้ในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ

- ◆ ตัวกลางจากธรรมชาติ เช่น หิน กววด ช้างข้าวโพด เป็นต้น
- ◆ ตัวกลางจากวัสดุสังเคราะห์ เช่น พลาสติก เป็นต้น

ตัวกลางต่างชนิดกันก็จะมีสมบัติต่างกัน การเลือกชนิดตัวกลางต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ราคาของชนิดตัวกลาง ตัวกลางที่มีประสิทธิภาพดีต้องมีพื้นที่ผิวมากและมีค่าความพรุนสูง เพื่อลดปัญหาการอุดตันปัญหาการเกิดการไหลลัดวงจร และปัญหาด้านไฮโดรลิก การใช้ตัวกลางที่เป็นหินกววดจะมีผลต่อการออกแบบฐานรากในการที่จะรับน้ำหนักของโครงสร้างถัง การใช้ตัวกลางพลาสติกจะจัดปัญหาด้านฐานรากเพราะมีน้ำหนักเบา แต่ตัวกลางพวกนี้จะมีราคาสูงมาก เมื่อเทียบกับราคาของพวกหินกววด

Allaoui และ Forster (1994) ได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวกลางที่รองรับชนิดต่างๆต่อการเริ่มระบบ Anaerobic Expanded Bed Reactor โดยงานวิจัยนี้อธิบายถึงผลของการศึกษาเปรียบเทียบตัวกลางรองรับชนิดต่างๆ คือ หวาย หินภูเขาไฟ แก้วเผาไฟ โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 2 แหล่ง คือ จากโรงงานผลิตไอศกรีม และโรงงานที่ผลิตน้ำส้มสายชู ผลแสดงให้เห็นว่าตัวกลางที่มีความพรุนมากกว่าจะเกิดแบคทีเรียได้ดีกว่าตัวกลางที่มีความพรุนน้อย นอกจากนี้ในน้ำเสียจากโรงงานไอศกรีมจะแสดงผลการยับยั้งน้อยลงเมื่อตัวกลางมีความพรุนมากกว่า

วิชัย ชินบูรพา (1996) ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็น หิน เศษคอนกรีต และ พลาสติก บำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12 ชั่วโมง ถังที่มีตัวกลางพลาสติกให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงสุด โดยมีประสิทธิภาพการกำจัด 93.2% แต่อย่างไรก็ตามถังที่มีหินและเศษคอนกรีตเป็นตัวกลางก็มีประสิทธิภาพการกำจัดใกล้เคียงกันคือ มีค่าเท่ากับ 92.6% และ 92.2% ตามลำดับ และตัวกลางพลาสติกมีความสามารถในการกักเซลล์จุลินทรีย์ไว้ในระบบ และเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์

เกาะของจุลินทรีย์ได้ดีกว่า เนื่องจากมีความพรุนที่สูงสุดเท่ากับ 94.38% ซึ่งสูงกว่าหิน และเศษคอนกรีตที่ใช้เป็นตัวกลาง มีความพรุนเท่ากับ 43.36% และ 53.45% ตามลำดับ

3.6.1.3 ลักษณะการวางชั้นตัวกลาง ตัวกลางในระบบถังกรองไร้ออกซิเจนมีความสำคัญต่อระบบ เพราะจะทำให้ระบบกักตะกอนได้นานขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดเพิ่มขึ้น แต่ลักษณะการวางชั้นตัวกลาง ก็มีส่วนเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบได้เช่นเดียวกัน โดยทั่วไปของระบบถังกรองไร้ออกซิเจนพบว่ากิจกรรมของแบคทีเรียส่วนใหญ่จะอยู่ทางตอนล่าง ส่วนตอนบนจะมีหน้าที่กักเซลล์ให้อยู่ในระบบ

เจษฎา ศรีศึก (1984) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของความลึกและตำแหน่งของชั้นตัวกลางต่อสมรรถนะของเครื่องกรองไร้ออกซิเจน โดยวางชั้นตัวกลาง 4 ลักษณะ คือ ตัวกลางเต็มถัง ตัวกลางลอย 25% ของความสูงถังกรอง ตัวกลางลอยครึ่งถังกรอง และตัวกลางจมครึ่งถังกรอง ในการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยการเพิ่มออร์แกนิกโหลดตึง ปรากฏว่าถังกรองที่มีตัวกลางลอยอีก 2 ลักษณะก็มีแนวโน้มที่จะทำงานได้ดีขึ้น สำหรับถังกรองที่มีตัวกลางจมครึ่งถังกรอง ปรากฏว่ามีสมรรถนะไม่ด้นัก เนื่องจากมีตะกอนแบคทีเรียหลุดไปจากถังกรองมาก

Oleszkiewicz (1988) ได้ศึกษาลักษณะการวางตัวกลางของระบบแอนไฮบริค 3 ลักษณะ คือ ตัวกลางแบบสุ่ม ตัวกลางซ้อนกันแนวตั้ง และแบบไม่มีตัวกลาง โดยมีตัวกลางลอย 40 % ของปริมาตรถัง จากการทดลองพบว่าถังที่มีตัวกลางวางแบบสุ่ม มีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ได้ดีที่สุด สำหรับถังที่มีตัวกลางวางซ้อนกันและถังที่ไม่มีตัวกลาง เกิดการไหลลัดวงจรในขณะที่กำลังทำการอินทรีย์สูง

จิตรเทพ ประสิทธิ์อยู่ศิลป์ (1992) ศึกษาถึงประสิทธิภาพการกำจัดโคไลฟอร์มแบคทีเรียในน้ำเสียจากถังกรอง โดยใช้ถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางครึ่งถังจม การทดลองได้ใช้กระบอกพีวีซีใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว มีความสูง 2.50 เมตร บรรจุโพลีเมทริกทำหน้าที่เป็นตัวกลางกรอง มีความสูงชั้นตัวกลาง 1.26 เมตร ทดลองกำจัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำมีค่าซีโอดีเฉลี่ย 147 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรียในน้ำเสียเฉลี่ย 1.54×10^7 MPN/100ml ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12 24 48 และ 72 ชั่วโมง คิดเป็นค่าไฮโดรลิกโหลดตึง 0.27 0.18 0.07 และ 0.06 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร-วัน ตามลำดับพบว่าประสิทธิภาพในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย ร้อยละ 88 96 98 และ 99 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีร้อยละ 61 71 72 และ 74 ตามลำดับ

3.6.1.4 ลักษณะของน้ำเสีย น้ำเสียที่นำมาใช้กับถังกรองไร้ออกซิเจนควรมีลักษณะดังนี้คือ

- ◆ มีอาหารเสริมเพียงพอต่อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน

- ♦ ปราศจากสารพิษที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย
- ♦ มีปริมาณสารแขวนลอยต่ำเพื่อจัดปัญหาการอุดตันของระบบ

3.6.2 ข้อดีข้อเสียของถังกรองไร้อากาศ

3.6.2.1 ข้อดี

- 1.การทำงานของถังกรองไร้อากาศ แบคทีเรียจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งส่วนใหญ่ให้กลายเป็นมีเทน สารอินทรีย์ส่วนน้อยเท่านั้นที่จะเปลี่ยนเป็นเซลล์ ซึ่งมีผลให้ลดปัญหาในการกำจัดตะกอนส่วนเกินที่จะเกิดขึ้น
- 2.ให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้
- 3.เครื่องกรองไร้ออกซิเจนไม่ต้องการแยกตะกอน แบคทีเรียออกจากน้ำทิ้งที่ไหลออกจากเครื่องกรองกลับมาใช้อีก เพราะตัวกลางจะทำหน้าที่กรองแบคทีเรียเอาไว้แล้ว
- 4.เซลล์ของแบคทีเรียจะถูกสะสมอยู่ในเครื่องกรองมากขึ้นตลอดเวลา ทำให้เครื่องกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้สูง
- 5.ต้องการอาหารเสริม (nutrient) น้อยกว่าระบบชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน
- 6.การฟื้นตัวของระบบเกิดขึ้นได้เร็ว
- 7.เนื่องจากไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการทำงานของจุลินทรีย์ ทำให้ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน
- 8.ตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้งน้อย เนื่องจากมีตัวกรองคอยกั้น

3.6.2.2 ข้อเสีย

- 1.มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และบางครั้งมีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น
- 2.ไม่เหมาะสมกับน้ำที่มีตะกอนแขวนลอยสูง เพราะอาจจะทำให้มีปัญหาอุดตันได้
- 3.ในกรณีตัวกลางเป็นหิน จะทำให้จำเป็นต้องมีฐานรากของโครงสร้างที่แข็งแรงใหญ่โต ทำให้สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น แต่กรณีตัวกลางเป็นพวกวัสดุสังเคราะห์ น้ำหนักจะเบา แต่มีข้อเสียที่ราคาแพง
- 4.การทำงานภาคปฏิบัติจริงๆ ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการกระจายน้ำซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการไหลลัดทาง (short circuit) ได้
- 5.กำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้น้อย
- 6.ระยะเวลาในการเริ่มต้นการทำงานของระบบ (start up) ใช้เวลานานกว่าระบบใช้อากาศ

3.7 ความด้อยเสถียรภาพของปฏิบัติการไร้ออกซิเจน

3.7.1 สาเหตุที่ทำให้มีความด้อยเสถียรภาพเนื่องจาก

1. ความจำเป็นที่ต้องมีแบคทีเรีย 2 ประเภทอาศัยอยู่ร่วมกัน และต้องอาศัยซึ่งกันและกันอย่างมาก

2. ความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมของแบคทีเรียการทำงานของแบคทีเรียทั้งสองประเภทก็จะไม่สอดคล้องกัน โดยที่แบคทีเรียที่สร้างกรดมีความสามารถสูงกว่าแบคทีเรียที่สร้างก๊าซ

ถ้าการทำงานของแบคทีเรียทั้งสองไม่สอดคล้องกันจะทำให้ระบบ ได้รับความเสียหายและระบบจะค่อยๆ มีประสิทธิภาพลดลง จนในที่สุดจะเกิดความล้มเหลวโดยสิ้นเชิง

3.7.2 สัญญาณเตือนของการเสถียรภาพของระบบ

1. ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ โดยปกติความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในระบบ ประมาณ 200-400 มิลลิกรัม/ลิตร(เทอมของกรดอะซิติก) แต่ถ้าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจะเป็นสัญญาณให้เห็นถึงการเสถียรภาพเกิดขึ้นกับระบบ คือเกิดการ

ชลอกการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน หรือทำให้การเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรดถูกเร่งให้เร็วขึ้น

2. ระดับความเป็นด่างในรูปไบคาร์บอเนต สภาพความเป็นด่างจะบ่งบอกให้ทราบถึงกำลังบัฟเฟอร์ (Buffer Capacity) ว่ามีเหลืออยู่เท่าไรในระบบ ถ้ามีกำลังบัฟเฟอร์ต่ำ ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จะทำให้พีเอชลดลงได้อย่างมากและเร็ว โดยจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียสร้างมีเทน แต่ถ้าสภาพความเป็นด่างสูงพอ ก็จะสามารถทนกับสภาพการเปลี่ยนแปลงของกรดวาเลนไทล์ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อพีเอชมากนัก ระดับสภาพความเป็นด่างที่เหมาะสมขึ้นกับคุณสมบัติและความเข้มข้นของน้ำทิ้ง โดยทั่วไประบบไร้ออกซิเจนควรมีสภาพความเป็นด่างประมาณ 1500-2000 มิลลิกรัม/ลิตร

3. ค่าโออาร์พี (ORP) ปฏิกริยาแต่ละประเภทจะมีค่าโออาร์พีประจำแต่ละปฏิกริยา ดังแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าโออาร์พีของปฏิกิริยาประเภทต่างๆ

ประเภทของปฏิกิริยา	โออาร์พี(มิลลิโวลต์)*
แอโรบิกออกซิเดชัน	+300
ไนตริฟิเคชัน	+100
ดีไนตริฟิเคชัน	0
การย่อยไร้ออกซิเจน	
-สร้างกรดอินทรีย์	-300
-สร้างมีเทน	-500

* Ag/Ag₂Cl₂ Reference Electrode

ที่มา : มั่นสิน, 2536

ถึงย่อยไร้ออกซิเจน ที่ทำงานได้ดีต้องมีค่าโออาร์พีอยู่ในช่วง -300 ถึง -500 มิลลิโวลต์ ถ้าค่าโออาร์พีเป็นลบน้อยๆหรือมีค่าเป็นบวกย่อมแสดงว่าปฏิกิริยาการย่อยไร้ออกซิเจนเกิดขึ้นน้อยหรือไม่เกิดขึ้น

4. ระดับพีเอช ไม่ใช่เป็นสัญญาณที่เร็วพอที่จะบอกถึงการทำงานผิดพลาดของระบบได้ทันที เพราะความเสียหายของระบบจะเกิดขึ้นก่อนที่พีเอชจะลดลง แต่อย่างไรก็ดีข้อมูลของพีเอชก็ยังคงมีความสำคัญเพราะว่าแบคทีเรียทั้งสองชนิด โดยเฉพาะชนิดที่สร้างมีเทนสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงแคบๆของพีเอชเท่านั้น ถ้าไม่มีการควบคุมพีเอชให้เป็นกลาง การเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนก็จะถูกยับยั้ง ทำให้ระบบล้มเหลวได้ และการรักษาระดับพีเอชให้เป็นกลางต้องทำเป็นเรื่องแรกเพื่อให้ระบบฟื้นตัวเมื่อระบบเสียสมดุล

5. อัตราการผลิตมีเทน เป็นเครื่องวัดโดยตรงของ Metabolic Activity ของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน การเปลี่ยนแปลงของอัตราการผลิตมีเทนมีความสำคัญกว่าค่าปริมาณการผลิต เพราะเป็นสัญญาณที่บอกกว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นกับแบคทีเรียที่สร้างมีเทน

6. สัญญาณอื่นๆ สัญญาณที่อาจบอกถึง การเสียสมดุลของระบบไร้ออกซิเจนอีกสองชนิดได้แก่ ส่วนประกอบของก๊าซรวมและอัตราการผลิตก๊าซ การเสียสมดุลย์ของแบคทีเรียประเภทสำคัญทั้งสองอย่างจะทำให้ปริมาณมีเทนลดต่ำ แต่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นซึ่งจะเห็นได้จากส่วนประกอบของก๊าซที่เปลี่ยนแปลงไป

3.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมศักดิ์ ตั้งตระกูล (1979) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากส้วมโดยวิธีการแอนแอโรบิคคอนแทคท์ ซึ่งเป็นการกำจัดน้ำทิ้งแบบห้องปฏิบัติการที่ใช้ทำการทดลองแบ่งเป็นสองระยะ คือ ระบบเก็บกักตะกอนโดยใช้ผ้ากรอง และระบบเวียนกลับตะกอน การทำการศึกษาดทดลองกับน้ำเสียจากส้วมที่มีค่าซีโอดีเท่ากับ 1400 ก./ม^3 มีตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ MCRT และอัตราการบรรวทุกสารอินทรีย์ ในการทดลองมีการควบคุมปริมาณกรดวาเลนไทล์ พีเอช และความเป็นด่าง ให้อยู่ในระดับเหมาะสม และอุณหภูมิขณะทำการทดลองเป็นอุณหภูมิห้อง ผลการทดลองพบว่าค่าคงที่ของน้ำเสีย $\mu_m = 0.5 \text{ วัน}^{-1}$ $K_s = 87 \text{ ก.ซีโอดี/ม}^3$ $v_g = 0.05$ $b = 0.025 \text{ วัน}^{-1}$ และ $K_L = 0.093 \text{ ม}^3/(\text{ก.วัน})$ ระบบกรองตะกอนมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่าระบบเวียนตะกอน แต่ระบบมีข้อเสียที่ถูกใช้งานมากจะอุดตันเมื่อควบคุมให้ MCRT = 12 วันและอัตราการบรรวทุกสารอินทรีย์ 0.833 กก.บีโอดี/($\text{ม}^3 \cdot \text{วัน}$) น้ำทิ้งที่ผ่านการกำจัดโดยระบบกรองมีซีโอดีที่สามารถถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เหลืออยู่ 15 ก./ม^3 และระบบเวียนตะกอนกลับมีซีโอดีที่สามารถถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เหลืออยู่ 140 ก./ม^3 ประสิทธิภาพของระบบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ซีโอดีที่ถูกกำจัดออกไปโดยระบบกรองมีค่า 95% และระบบเวียนตะกอนกลับมีค่าเท่ากับ 85% ตามลำดับปริมาตรก๊าซมีเทนที่ผลิตออกมามีค่าเท่ากับ $0.0177 \text{ ม}^3/(\text{คน.วัน})$ เทียบเป็นพลังงานความร้อนเท่ากับ $600 \text{ Btu}/(\text{คน.วัน})$

ศักดิ์ชัย โอบาสวัสดิ์ชัย (1983) ศึกษาการย่อยสลายและการผลิตก๊าซชีวภาพของขยะแบบไร้ออกซิเจน โดยแบคทีเรียชนิดชอบความร้อน โดยขยะที่ใช้เป็นพวกเศษอาหารและเศษพืชผักที่ได้จากตลาด โดยพิจารณาถึงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการย่อยสลาย ซึ่งทดลองที่อุณหภูมิ 35 38 43 45 และ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ ผลปรากฏว่าที่อุณหภูมิ 35 และ 38 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณก๊าซทั้งหมดต่อวันสูงกว่าที่อุณหภูมิปกติ (โดยเฉลี่ย 27.6 องศาเซลเซียส) ประมาณ 6 และ 10% ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบของมีเทนในปริมาณ 63% แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมาที่ 43 และ 45 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นต่อวันกลับลดลงต่ำกว่าที่อุณหภูมิปกติประมาณ 11 และ 28.5% โดยมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนอยู่ประมาณ 50 และ 54% ตามลำดับ ต่อมาเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงของ Thermophilic ปริมาณก๊าซทั้งหมดต่อวันกลับเพิ่มมากขึ้น คือ สูงกว่าที่อุณหภูมิปกติประมาณ 13.7% โดยมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนอยู่ประมาณ 61% ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซมีเทนต่อวันที่อุณหภูมิ 38 และ 50 องศาเซลเซียส ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่า ในการทดลองนี้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในช่วง Mesophilic และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในช่วง Thermophilic

เรื่องชัย เจียภภาพ (1985) ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบสมรรถนะของถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง และตัวกลางครึ่งถัง เพื่อหาแนวโน้มความเป็นไปได้ ที่จะลดขนาดความสูงของถังกรองไร้ออกซิเจนลง เพื่อลดต้นทุนของตัวกลางที่ใช้เนื่องจากพบว่าการทำจัดสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ชั้นความสูง 30 เซนติเมตรจากก้นถังกรอง จึงทำการทดลอง ภายใต้ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 1 3 และ 5 กก.ซีโอติ/ม³/วัน จากค่าความเข้มข้นสารอินทรีย์วัดในรูปซีโอติระหว่าง 2000 6000 และ 10,000 มล./ล. เปรียบเทียบการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจนทั้งสองแบบ พบว่าถังกรองไร้ออกซิเจนที่บรรจุตัวกลางเต็มถัง และตัวกลางครึ่งถังสามารถใช้งานได้ทั้งน้ำเสียสังเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ที่ระดับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1 กก./ม³/วัน โดยสามารถกำจัดซีโอติได้ 90 และ 93 % ตามลำดับ นอกจากนี้สมรรถนะในการทำงานของถังกรองทั้งสองจะมีพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกันที่ระดับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1 กก./ม³/วัน แต่จะมีความแตกต่างที่ระดับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก./ม³/วัน ซึ่งที่ระดับนี้ประสิทธิภาพ ในการกำจัดน้ำเสียของถังกรองที่มีตัวกลางครึ่งถังลอย จะสูงกว่าถังลอยที่มีตัวกลางเต็มถังส่วนประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติส่วนใหญ่ของถังกรองทั้งสองถัง เกิดที่ระดับ 0.30 เมตรจากก้นถัง

Song และ Young (1986) ศึกษาการใช้ถังกรองไร้อากาศ เพื่อหาปัจจัยที่สำคัญของตัวกลางในถังกรองที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติ โดยทำการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ ที่มีค่าภาระอินทรีย์ 2 4 และ 8 กก. ซีโอติ/ลบ.ม.-วัน ซึ่งแปรเปลี่ยน ตามค่าของความเข้มข้นของสารอินทรีย์ วัดในรูปซีโอติ เท่ากับ 3,000 6,000 และ 6,000 มก./ลิตรตามลำดับ ในแต่ละค่าภาระอินทรีย์ได้ทำการทดลองโดยการแปรเปลี่ยนชนิดของตัวกลาง ซึ่งมีพื้นที่ผิวต่างกัน คือ 98 138 และ 223 ม.²/ม.³ โดยตัวกลางที่ใช้เป็นแบบ cross-flow และ Tubular ผลการทดลองพบว่า ในระบบที่ใช้ตัวกลางแบบ cross - flow ซึ่งมีพื้นที่ผิวสูงสุด คือ 223 ม.²/ม.³ จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุด และตัวกลางแบบ cross - flow จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าแบบ Tubular เมื่อมีพื้นที่ผิวที่เท่ากัน อย่างไรก็ตามพบว่าความแตกต่างกันของพื้นที่ผิวของตัวกลางที่ 138 และ 223 ม.²/ม.³ ซึ่งแตกต่างกัน 60% แต่ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติต่างกันเพียง 2% เท่านั้น ส่วนพื้นที่ผิวของตัวกลางที่ 98 และ 138 ม.²/ม.³ ซึ่งมีพื้นที่แตกต่างกัน 40% แต่ประสิทธิภาพแตกต่างกันเพียง 7% แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ผิวของตัวกลาง ไม่ใช่ปัจจัยหลักในการแสดงความสามารถการทำงาน of ถังกรองไร้อากาศ แต่ความสามารถกระจายน้ำอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการออกแบบตัวกลางเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

ในการทดลองชุดที่ 2 ได้ทำการเปลี่ยนมุมในการไหลภายในตัวกลางโดย ใช้ตัวกลางที่มีพื้นที่ผิว 98 ม.²/ม.³ ณ มุมการไหล 22.5° 45° 67.5° และ 90° ซึ่งทำมุมกับแนวระดับพบว่า ตัวกลางที่ทำมุม 22.5° ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดแต่ประสิทธิภาพในการกำจัดของตัวกลางที่ทำมุม 45 ° ต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวกลางที่ทำมุม 22.5 ° และ เมื่อใช้ตัวกลางที่มีพื้นที่ผิว 223 ม.²/ม.³ ณ มุมการไหลต่างกัน คือ 22.5° 45° 67.5° และ 90° พบว่าตัวกลางที่ทำมุม 45 ° ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุด โดยมีตัวกลาง

ที่ทำมุม 22.5° 67.5° และ 90° ให้มีประสิทธิภาพการกำจัดลดลงตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการกำจัด ณ มุมการไหล 22.5° และ 45° ให้มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Oleszkiewicz และคณะ (1986) ศึกษาหาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างปริมาตรตัวกลางกับ ปริมาตรถังในระบบแอนไฮบริค โดยทำการทดลองที่อัตราส่วน 0.50 0.40 0.25 และ 0.05 โดยคงที่อัตราการ ไหลที่ 6 ลิตร/วัน หลังจากดำเนินการได้ 111 วัน อัตราส่วน 0.05 ระบบเกิดความเร็ว ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่อัตราส่วนสูงกว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ที่หลุดออกจาก ระบบยังน้อยกว่าในระบบที่มีอัตราส่วนที่ต่ำกว่า

จินต์ อโณทัย (1988) ศึกษาถึงคุณภาพของน้ำทิ้ง จากถังเกรอะและกรองไร้อากาศสำเร็จรูปชนิด ประกอบในจำนวน 4 ถังเป็นระยะเวลา 12 เดือน โดยน้ำเสียที่เข้าระบบเป็นน้ำเสียจากส้วมในสภาพการใช้งานจริงไม่มีการควบคุมใดๆทั้งสิ้น และศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เข้าส่วนกรองไร้อากาศของถังตัวอย่าง 1 ถัง จากจำนวน 4 ถังข้างต้น จากการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากถังเกรอะและกรองไร้อากาศสำเร็จรูปชนิด ประกอบในที่มีค่าพีเอช เอสเอส บีโอดี และ ออร์แกนิก-ไนโตรเจน ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่กำหนดโดย คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 33 57 และ 5 มก./ล. ตามลำดับ ส่วน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ซัลไฟด์ และ ไขมันและน้ำมัน มีค่าเกินกว่ามาตรฐานคือมีค่าเฉลี่ย 65 70 49 และ 416 มก./ล. ตามลำดับ สำหรับสมบัติอื่นๆที่ไม่ได้กำหนดในมาตรฐาน คือ อุณหภูมิ ซีโอดี และ ฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.1 องศาเซลเซียส 130 และ 14 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัด สารแขวนลอย ซีโอดี บีโอดี ไขมันและน้ำมัน ของส่วนถังกรองไร้ออกซิเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 18.48 39.90 59.82 และ 8.71 ตามลำดับ ที่ภาระบรรทุกซีโอดีจริงเท่ากับ 0.4 กก.บีโอดี/ม³-วัน ส่วนปริมาณของ ฟอสเฟตและไนโตรเจนรวมของน้ำเสียที่เข้าและออกจากส่วนกรองไร้อากาศมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่ สำหรับไนโตรเจนมีการเปลี่ยนรูปจากออร์แกนิกไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน จากลักษณะต่างๆของ น้ำทิ้งแสดงให้เห็นว่า ถังเกรอะและกรองไร้อากาศสำเร็จรูปชนิดประกอบในที่สามารถบำบัดน้ำเสียจากส้วมได้ อย่างมีประสิทธิภาพพอสมควร

ลัดดา สาครมณีรัตน์ (1989) ศึกษาถึงการกำจัดน้ำเสียที่มีพีเอชต่ำ ด้วยบ่อแอนแอโรบิกแบบสองชั้น ตอน โดยเปรียบเทียบการทำงานของ บ่อแอนแอโรบิกแบบสองชั้นตอนกับแบบธรรมดาในการกำจัดน้ำเสียที่มี พีเอชต่ำ ค่าภาระอินทรีย์ที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ระดับ คือ 0.3 0.6 และ 0.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน เป็นน้ำเสีย สิ่งเคาะที่ ซึ่งเตรียมจากน้ำสับประตผลสมกับน้ำตาลแล้วทำการเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของซีโอดี 3000 และ 6000 มก./ล. และน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบที่ค่าภาระอินทรีย์ 0.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน เป็นน้ำเสียจริงจากโรง

งานผลิตผลไม้บ่มแห้ง ซึ่งมีความเข้มข้นของซีโอดีประมาณ 25000 มก./ล. ที่ค่าภาระอินทรีย์ 0.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน นี้ได้ทำการเปรียบเทียบการทำงานของบ่อแอนแอโรบิกที่เติมสารอาหารเสริม N และ P กับบ่อแอนแอโรบิกที่ไม่เติมสารอาหารเสริม N และ P ด้วย

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่า บ่อแอนแอโรบิกแบบสองชั้นตอนมีเสถียรภาพในการทำงานสูงกว่าบ่อแอนแอโรบิกแบบธรรมดา กล่าวคือ บ่อแอนแอโรบิกแบบสองชั้นตอนสามารถรับค่าภาระอินทรีย์ได้ถึง 0.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 96% ในขณะที่บ่อแอนแอโรบิกแบบธรรมดาส่งสามารถรับค่าภาระอินทรีย์ได้เพียง 0.6 กก.ซีโอดี/ม³-วัน และจากการเปรียบเทียบการทำงานของบ่อแอนแอโรบิกที่เติมสารอาหารเสริม N และ P กับบ่อแอนแอโรบิกที่ไม่เติมสารอาหารเสริม N และ P พบว่าสมรรถนะการทำงานของบ่อแอนแอโรบิกที่เติมสารอาหารเสริม N และ P ดีกว่าบ่อแอนแอโรบิกที่ไม่เติมสารอาหารเสริม N และ P กล่าวคือที่ค่าภาระอินทรีย์ตัวเดียวกัน คือ 0.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน บ่อแอนแอโรบิกที่เติมสารอาหารเสริม N และ P สามารถทำงานได้และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 98% ในขณะที่บ่อแอนแอโรบิกที่ไม่เติมสารอาหารเสริม N และ P มีการทำงานล้มเหลว

Cayless และคณะ (1989) ได้ทำการทดลองโดยการใช้ถังกรองไร้อากาศและระบบชั้นลอยตัวแบบไร้อากาศ (Fluidised Beds) ศึกษาผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน ของซีโอดี และการลดลงอย่างฉับพลันของอุณหภูมิ และ pH ซึ่งน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียจากโรงงานทำไอศกรีม ที่มีค่าซีโอดี 5,000 มก./ล. pH 6.8 อุณหภูมิ 31° ซ. โดยการเพิ่มค่าซีโอดีของน้ำเสียเป็น 30,000 มก./ล เป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีลดลงแต่ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น, สภาพต่าง, ปริมาตรสารแขวนลอยมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น และจะกลับสู่สภาพเดิมเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง สำหรับการลดลงของอุณหภูมิ และ pH พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด, ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นลดลง และจากการทดลองครั้งนี้พบว่า น้ำเสียสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลง ของอุณหภูมิ ได้ดีที่สุดในที่สุด

Athanasopoulos และคณะ (1990) ศึกษาการใช้ถังกรองไร้อากาศแบบไหลลงกำจัดน้ำเสียจากโรงงานผลไม้ โดยเปรียบเทียบตัวกลาง 2 ชนิด ได้แก่ ตัวกลางแบบ modular และ pall-rings พบว่า ตัวกลางแบบ modular ซึ่งมีลักษณะการไหลแบบไหลตามขวาง มีขนาด 0.6 x 0.6 x 1.2 เมตร พื้นที่ผิว 98 ม.²/ม.³ และมีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างเท่ากับ 95% สามารถกำจัดน้ำเสียที่มีค่าภาระอินทรีย์ 8 และ 10 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.- วันโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดเป็น 80% และ 75% ตามลำดับ สำหรับตัวกลางแบบ pall-rings ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.09 เมตร พื้นที่ผิว 100 ม.²/ม.³ และ มีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างเท่ากับ 94% กำจัดน้ำเสียที่มีค่าภาระอินทรีย์เพิ่มจาก 0.6 ถึง 6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าประสิทธิภาพลดลงจาก 90 จนถึง 57% ตามลำดับ และเมื่อนำถังกรองไร้อากาศแบบไหลลง มาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี พบว่าถังกรองไร้อากาศ

แบบไหลลง มีประสิทธิภาพต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น ระบบยูเอเอสบี ระบบ
ชั้นลอยตัวแบบไร้อากาศ (Fluidised Beds)

Harper และคณะ (1990) ศึกษาการใช้ถังกรองไร้อากาศ ขนาด 3.2 ม.² ภายในบรรจุด้วยตัว
กลางที่ผลิตจากโพลีเอทิลีน เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. พื้นที่ผิว 98 ม.²/ม.³ และมีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างเท่ากับ
98% บำบัดน้ำเสียจากโรงงานฆ่าเนื้อสัตว์ ถูกป้อนเข้าระบบ ที่มีการปรับ pH ให้มีค่าคงที่ โดย
NaHCO₃ ที่อุณหภูมิ 35° ซ. มีระยะเวลาพักน้ำ 21 ชั่วโมง โดยมีค่าภาระอินทรีย์ 2.8 กก.ซีโอติ /ลบ.ม.-วัน
จากการทดลองครั้งนี้นำไปเปรียบเทียบกับ การทดลองในห้องทดลอง ที่ได้ทำการทดลองไว้แล้ว พบว่าการ
ทดลองครั้งนี้ ใช้ระยะเวลาพักพักสูงกว่า การทดลองในห้องทดลองถึง 2 เท่า และประสิทธิภาพในการกำจัด
ซีโอติ โดยเฉลี่ยประมาณ 70% ซึ่งต่ำกว่าการทดลองในห้องทดลอง ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติโดย
เฉลี่ยประมาณ 80% ซึ่งมีสาเหตุจากการทำงานที่สภาวะที่แตกต่างกันทั้งรูปแบบของถังกรอง โดยปัญหา
สำคัญ ได้แก่ เครื่องสูบน้ำ ที่ไม่สามารถสูบน้ำให้เข้าระบบ ด้วยอัตราการไหลที่คงที่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ
การทดลองในห้องทดลอง ที่ควบคุมอัตราการไหลให้คงที่มากกว่า และปัญหาความแปรเปลี่ยนคุณสมบัติของ
น้ำเสียที่ได้ โดยน้ำเสียมีสภาพไม่คงที่ของ pH เนื่องมาจาก การเสียหายของเครื่องสูบน้ำ NaHCO₃ ทำให้ไม่
สามารถควบคุม pH ได้

Viraraghavan และ Kikkeri (1990) ศึกษาถึงผลของอุณหภูมิ ที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัด โดย
ใช้ถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็นพลาสติกรูปวงแหวน ซึ่งน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียจากโรงงานผลิตนมซึ่งมีค่า
ซีโอติเท่ากับ 4,000 มก./ลิตร ที่ pH เท่ากับ 7 อุณหภูมิที่ทำการทดลอง ได้แก่ 12.5° ซ 21° ซ และ 30° ซ โดย
แต่ละอุณหภูมิจะแปรเปลี่ยนระยะเวลาพักพักจาก 1 ถึง 6 วัน จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 30° ซ ให้ประ
สิทธิภาพในการกำจัดซีโอติ สูงสุด โดยที่ระยะเวลาพักพัก 4 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติ เท่ากับ 92%
85% และ 78% ณ อุณหภูมิ 30° ซ 21° ซ และ 12.5° ซ ตามลำดับ แต่ในช่วงระยะเวลาพักพักสูง อุณหภูมิจะ
ไม่ค่อยมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติเท่าไรนัก สำหรับปริมาณก๊าซมีเทนพบว่า จะมีปริมาณก๊าซลดลง
ขณะที่อุณหภูมิลดลง

Young และ Young (1991) ศึกษาการใช้ถังกรองไร้อากาศ จากโรงบำบัดน้ำเสียจากโรงงาน
อุตสาหกรรม ซึ่งมีซีโอติประมาณ 10,000 ถึง 30,000 มก./ลิตร ซึ่งมีอัตราการไหล 400 ถึง 1,500 ม³/วัน
ภายในถังกรองบรรจุด้วยตัวกลางพลาสติก แบบ modular ซึ่งไหลแบบตามขวาง มีพื้นที่ผิว 98 ม² /ม³ วัน
สำหรับระบบนี้ได้มีการป้อนสารอาหารเข้าไปในระบบ เพื่อทำการปรับสภาพของน้ำเสีย จากผลการศึกษาพบว่า
ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติ ประมาณ 80% และหลังจากดำเนินการมา 1 ปี พบว่าประสิทธิภาพการกำจัด
สูงขึ้นเป็น 93% ถึง 95% และไม่มีปริมาณกากตะกอนในช่วงเวลา 600 วัน หลังการดำเนินการ

Borja และ Banks (1996) ทำการศึกษาสมรรถนะในการบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมันปาล์มระหว่างถังกรองไร้อากาศ (AF) กับ Fluidize bed reactor (FBR) ที่อุณหภูมิ Mesophilic (35 องศาเซลเซียส) โดยประเมินในรูปของซีโอดี กรดไขมันระเหย ชนิดและปริมาณของก๊าซที่เกิดขึ้น ตัวกลางยึดเกาะที่ใช้ในระบบ AF และ FBR จะใช้ตัวกลางเป็นเม็ดดินเหนียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-5 มม. และเป็นเม็ดทรายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3-0.5 มม. ตามลำดับ AF ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นระบบ 1.5-4.5 วัน ส่วน FBR ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นระบบ 6 ชั่วโมง หลังจากที่มีการปรับชินสภาพแล้วระบบทั้งสองสามารถกำจัดซีโอดีได้ถึง 90% หรือมากกว่า ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง โดยมีอัตราการระอินทรีย์ 20 ก.ซีโอดี/ล./วัน ที่อัตราการป้อนเข้าสูงๆ FBR จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่า ดังจะเห็นได้ว่าที่ 40 ก.ซีโอดี/ล./วัน ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมงระบบสามารถลดซีโอดีได้ถึง 78% ในขณะที่ระบบ AF จะมีปัญหาเรื่องการอุดตัน ถ้าอัตราการป้อนเข้าซีโอดีสูงกว่า 20 ก./ล./วัน ทั้งสองระบบจะมีการทำงานใกล้เคียงกันเมื่อซีโอดีไม่เกิน 1 ก./ล. ในขณะที่ซีโอดีมากกว่า 2.2 ก./ล. AF สามารถรับอัตราการระอินทรีย์ 17 ก.ซีโอดี/ล./วัน ในขณะที่ FBR รับได้ 31.2ก.ซีโอดี/ล./วัน ความแตกต่างดังกล่าวเนื่องมาจากข้อจำกัดในด้านการแพร่ และความสามารถที่ต่ำในการกำจัดมลสารของเซลล์ใน AF

ในทั้งสองระบบอัตราการเกิดก๊าซและระดับของกรดอินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการป้อนเข้าที่สูงขึ้น อัตราการป้อนเข้าที่สูงขึ้นอีกเท่าตัวจะเป็นผลให้กรดอินทรีย์ที่สูงมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะซิติก และกรดโฟสไฟโอนิก นอกจากนี้คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นยังมีปริมาณมากขึ้นในมวลรวมของก๊าซอีกด้วย

Mendez และ คณะ (1995) นำเสียจากโรงงานปลากระป๋องมีค่าซีโอดีสูง(10-20 ก./ล.) และบางครั้งก็จะมีเกลืออยู่ในปริมาณสูง(CI 8-19 ก./ล. , Na^+ 5-12 ก./ล. , SO_4^{2-} 0.6-2.7 ก./ล.) Na^+ และซีโอดีที่สูงๆ จะเป็นปัจจัยทางลบต่อการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ Na^+ และ SO_4^{2-} จะเปลี่ยนรูปไปเป็น H_2S ในระหว่างขบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ซึ่งก่อให้เกิดพิษและยับยั้งการก่อให้เกิดขึ้นของขบวนการ Methanogenic การศึกษาครั้งนี้จะใช้ถังกรองไร้อากาศแบบ Mesophilic (MAF) และ ถังกรองไร้อากาศแบบ Thermophilic (TAF) บำบัดน้ำเสียที่มีเกลือในปริมาณสูง โดยใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นระบบ 9 เดือน จากนั้นก็เริ่มดำเนินการทดลองเมื่ออัตราการระอินทรีย์ 9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน (TAF) หรือ 24 กก. ซีโอดี/ม³-วัน (MAF) โดยมีความเข้มข้นของคลอไรด์ 13 ก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของ TAF และ MAF จะเป็น 73% และ 64% ตามลำดับ และเป็นซีโอดี Methanized 69% และ 66% ตามลำดับ และพบสัดส่วนของ H_2S ในก๊าซชีวภาพ 2-4%

ทั้งๆที่ MAF มีค่า specific activity of sludge (0.21 ก.ซีโอดี/ก.vss/วัน) ต่ำกว่า TAF (0.66 ก.ซีโอดี/ก.vss/วัน) แต่ MAF มีค่าอัตราการระอินทรีย์สูงกว่า TAF สามารถอธิบายได้ว่าเป็นเพราะ MAF มีค่าการเก็บกักสลัดจ์ (72 ก.vss/ล.) สูงกว่า TAF (10 ก.vss/ล.) จากที่กล่าวมาจึงอาจสรุปได้ว่าการ

ทำงานภายใต้สภาวะ Thermophilic ต้องใช้ตัวกลางยึดเกาะแบบอัดบรรจุ เพื่อให้มีพื้นที่สำหรับมวลชีวภาพ ยึดเกาะได้สูง ส่วนการทำงานในสภาวะ Mesophilic ต้องการการสัมผัสของมวลชีวภาพ ที่เกาะบ่อยๆกับ ตัวกลาง เพื่อหลีกเลี่ยง ปัญหาการอุดตัน

Hawkes และ คณะ (1995) การบำบัดแบบไร้อากาศชนิดต่างๆได้นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจาก โรงนมมาตลอดระยะเวลา 3 ปี ถึงปฏิกิริยาที่ถูกออกแบบมาเพื่อศึกษาเปรียบเทียบในเรื่องนี้ ได้แก่ ถังกรองไร้อากาศ กระบวนการสัมผัส ยูเอเอสบีที่มี fluidised bed ความจุ 5 ม³ และยูเอเอสบีที่มี fluidised bed ความจุ 0.5 ม³ ถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็น Pall ring 3.3 ม³ จะทำงานที่ค่าภาระอินทรีย์ประมาณ 6 กก.ซีโอดี/ม³-วัน โดยสามารถกำจัดซีโอดีได้ประมาณ 67% ส่วนกระบวนการสัมผัสจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงกว่าคือประมาณ 80% แต่ความสามารถในการกำจัดซีโอดีจะถูกจำกัดด้วยส่วนตกตะกอนที่ มีการทำงานในระดับต่ำ MLSS ในระบบมีค่าต่ำกว่า 3 กก./ม³ และระบบนี้จะทำงานที่ค่าภาระอินทรีย์ประมาณ 1 กก.ซีโอดี/ม³-วัน ถึงปฏิกิริยา fluidised bed ที่ใช้ตัวกลางยึดเกาะเป็น sand activated carbon และ granular activated carbon และทำงานที่ค่าภาระบรทุกอินทรีย์ 4 และ 2 กก./ม³-วัน ตามลำดับ ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีประมาณ 60% ระบบยูเอเอสบีมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีต่ำที่สุดโดยกำจัด ซีโอดีได้ประมาณ 50% ที่ค่าภาระบรทุกอินทรีย์ 2 กก.ซีโอดี/ม³-วัน

เนตรนภา ศรีสุวรรณพงศ์ (1996) ศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดน้ำเสีย จากโรงงานแปงมัน ลำปะหลังด้วยระบบยูเอเอสบีแบบมีถังสร้างกรวดก่อนเข้าระบบ และเปรียบเทียบการทำงานของระบบยูเอเอสบี ที่มีการหมักกรวดก่อนเข้าระบบกับระบบที่ไม่มีการหมักกรวดก่อนเข้าระบบ และศึกษาผลของการหมุนเวียนน้ำ กลับ ที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบยูเอเอสบี โดยใช้ถังยูเอเอสบี 3 ชุด ทำการทดลองเปรียบเทียบ กัน ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 ไม่มีถังสร้างกรวด แต่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 มีถังสร้างกรวด และ หมุนเวียนน้ำกลับ ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีถังสร้างกรวดแต่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ โดยถังสร้างกรวด มีระยะ เวลาพัก น้ำ 12 ชั่วโมง และ อัตราการเวียนน้ำกลับเท่ากับ 5:1 กระทำที่ภาระบรทุกอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ โดยแปรเปลี่ยนในรูป ความเข้มข้นซีโอดี เท่ากับ 2500 กับ 5000 มก./ล. ตามลำดับ อัตราสูบน้ำเข้าระบบเท่ากับ 4 ลิตร/วัน

จากการทดลองพบว่า ในถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 ซึ่งไม่มีถังสร้างกรวด สูญเสียสภาพการทำงานเนื่องจาก เม็ดตะกอนจุลินทรีย์หลุดออกจากระบบจนหมด ส่วนถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 ยังคงรักษาเม็ดตะกอน จุลินทรีย์ ไว้ได้ โดยที่ภาระบรทุกอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของถังชุดที่ 1 2 และ 3 พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี เท่ากับ 81 89 และ 84% ปริมาณกรดไขมันระเหยเท่ากับ 127 45 และ 45 มก./ล.(กรด อะซิติก) อัตราการผลิตก๊าซเท่ากับ 0.9 2.4 และ 2.9 ลิตร/วัน อัตราการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.09 0.28 และ 0.31 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ และที่ภาระบรทุกอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของถัง

ชุดที่ 1 2 และ 3 พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี เท่ากับ 73 85 และ 81% ปริมาณกรดไขมันระเหยเท่ากับ 710 85 และ 91 มก./ล.(กรดอะซิติก) อัตราการผลิตก๊าซเท่ากับ 2.2 4.4 และ 4.9 ลิตร/วัน อัตราการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.12 0.32 และ 0.33 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ของถังสร้างกรดที่ภาวะบรรทุกอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 15% 26% ตามลำดับ

Kwong และ Fang (1996) ใช้ระบบยูเอเอสบี และถังกรองไร้อากาศ แบบไหลขึ้น โดยทั้ง 2 ยังมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 104 มม. สูง 1000 มม.ขนาด 8.5 ลิตร ต่อแบบขนานกันโดยในถังกรองไร้อากาศ บรรจุด้วยตัวกลางพลาสติก เส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม. พื้นผิว 235 m^2/m^3 บำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงที่มีแอมโมเนียไนโตรเจนเป็นส่วนผสม และเพิ่มค่าซีโอดีในน้ำเสียจาก 3,000 มก./ลิตร จนถึง 45,000 มก./ลิตร ในรูปของค่าภาระอินทรีย์ระหว่าง 3 ถึง 90 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน พบว่าทั้งระบบถังกรองไร้อากาศและยูเอเอสบี สามารถกำจัดซีโอดีไปได้ 96.8% และ 96.9% ตามลำดับขณะที่มีค่าภาระอินทรีย์ระหว่าง 3 ถึง 10 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน สำหรับค่าภาระอินทรีย์ตั้งแต่ 10 ถึง 90 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน สามารถกำจัดซีโอดีได้ เท่ากัน คือ 95.3% แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของ ระบบยูเอเอสบี และถังกรองไร้อากาศต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

โสภกา ชินวาทกิจวานิชย์ (1998) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการลดสีรีเอโซนแอกทิฟในน้ำเสีย ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนด้วยระบบยูเอเอสบีแบบ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสร้างกรด และขั้นตอนการสร้างมีเทน แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุด ได้ผลการทดลองดังนี้

ชุดที่ 1. น้ำย้อมสีค่า ความเข้มข้น 150 เอสยู เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสี ระหว่างการเติมแอมโมเนีย 500 1,000 และ 1,500 มก./ล. พบว่าการเติมแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น ไม่ช่วยให้การกำจัดสีดีขึ้น

ชุดที่ 2 น้ำย้อมสีแดง ความเข้มข้น 150 เอสยู เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีระหว่างการเติมแอมโมเนีย 0 200 และ 500 มก./ล. พบว่าเมื่อมีการเติมแอมโมเนียในช่วงดังกล่าว ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นมากกว่าการไม่เติมแอมโมเนีย

ชุดที่ 3 น้ำย้อมสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 150 เอสยู มีการเติมแอมโมเนีย 0 200 และ 500 มก./ล. ผลการทดลองแสดงไปในทิศทางเดียวกับการทดลองชุดที่ 2 น้ำย้อมสีแดง แสดงว่า ความแตกต่างระหว่างไทนสีไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี

ชุดที่ 4 ใช้ น้ำย้อมสีสังเคราะห์ ความเข้มข้น 150 เอสยู มีการเติมแอมโมเนีย 0 200 และ 500 มก./ล. พบว่าการเติมแอมโมเนียเพิ่มให้กับน้ำย้อมสีสังเคราะห์ที่ไม่มีสารช่วยย้อมเจือปน ทำให้ประสิทธิภาพการลดสีเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับน้ำย้อมจากการย้อมจริง

ชุดที่ 5 ใช้ น้ำย้อมสีสังเคราะห์ มีการเติมแอมโมเนีย 500 มก./ล. เปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้น 50 และ 100 เอสยู พบว่าความเข้มข้นในช่วง 50 และ 100 เอสยู ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดมากนัก

อรรถฤทธิ์ รื่นแรงใจ (1999) ได้ทำการศึกษามหาชนของสารให้อิเล็กตรอนที่มีต่อการกำจัดลิเทียมประเภทเอโซรีแอกทีฟด้วยกระบวนการไร้ออกซิเจน การศึกษาแบ่งออกเป็นทดลอง 2 ชุด การทดลองชุดที่ 1 ใช้ระบบยูเอเอสบีที่มีเวลากักน้ำ 12 ชม. บำบัดน้ำย้อมสีแดง การทดลองชุดที่ 2 ใช้ระบบยูเอเอสบีที่มีเวลากักน้ำ 12 ชม. และใช้ถังเตรียมน้ำทำหน้าที่เป็นถังกรด บำบัดน้ำย้อมสีน้ำเงิน การทดลองทั้ง 2 ชุดใช้น้ำเสียที่ส่งเคราะห์ซึ่งเปื้อนน้ำเสียสีเข้มจากการย้อมครั้งที่ 1 มาเจือจาง และควบคุมให้มีความเข้มข้น 100 เอสยู ทำการศึกษาเกี่ยวกับสารให้อิเล็กตรอน (หรือสารอาหาร) 4 ประเภท ได้แก่ น้ำตาลทราย เมทธานอล ไชมัน และโปรตีน โดยใช้ความเข้มข้นสารอาหาร 500 มก./ล. วัดในรูป ซีโอดี เปรียบเทียบกับระบบควบคุมที่ไม่เติมสารให้อิเล็กตรอน

ผลการทดลองกับน้ำย้อมสีแดง ที่มีซีโอดีก่อนการเติมสารอาหาร 257 มก./ล. พบว่าระบบควบคุมระบบที่ใช้ น้ำตาลทราย เมทธานอล ไชมัน และโปรตีน มีประสิทธิภาพการลดสีเท่ากับ 45 53 47 45 และ 77 % ตามลำดับ กำจัดซีโอดีได้ 11 29 35 45 และ 36% ตามลำดับ การเติมสารให้อิเล็กตรอนกับน้ำย้อมสีแดงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลดสีได้ไม่มากนัก เมื่อทดลองกับน้ำย้อมสีน้ำเงินที่มีซีโอดีก่อนการเติมสารอาหาร 60 มก./ล. ประสิทธิภาพการลดสีเท่ากับ 10 67 70 76 และ 70 % ตามลำดับ และกำจัดซีโอดีได้ 20 85 83 82 และ 81 % ตามลำดับ แสดงว่าการเติมสารอาหารเพิ่มทำให้ประสิทธิภาพการลดสีเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่เติม

การวางแผนการวิจัย

4.1 แผนการทดลอง

การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการทดลองกระทำโดยใช้เครื่องกรองไร้อากาศ (anaerobic filter) 2 ชุด ที่ออกแบบและสร้างให้มีลักษณะเหมือนกัน และใช้ตัวอย่าง 4 ชุดการทดลอง โดยแต่ละครั้งการทดลองจะทำการทดลองครั้งละ 2 ชุด ซึ่งตัวแปรเปลี่ยนอิสระที่ทำการศึกษามีตัวแปรเดียว คือ อัตราการอินทรีย์ (แปรเปลี่ยนในรูปของอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าระบบ) ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

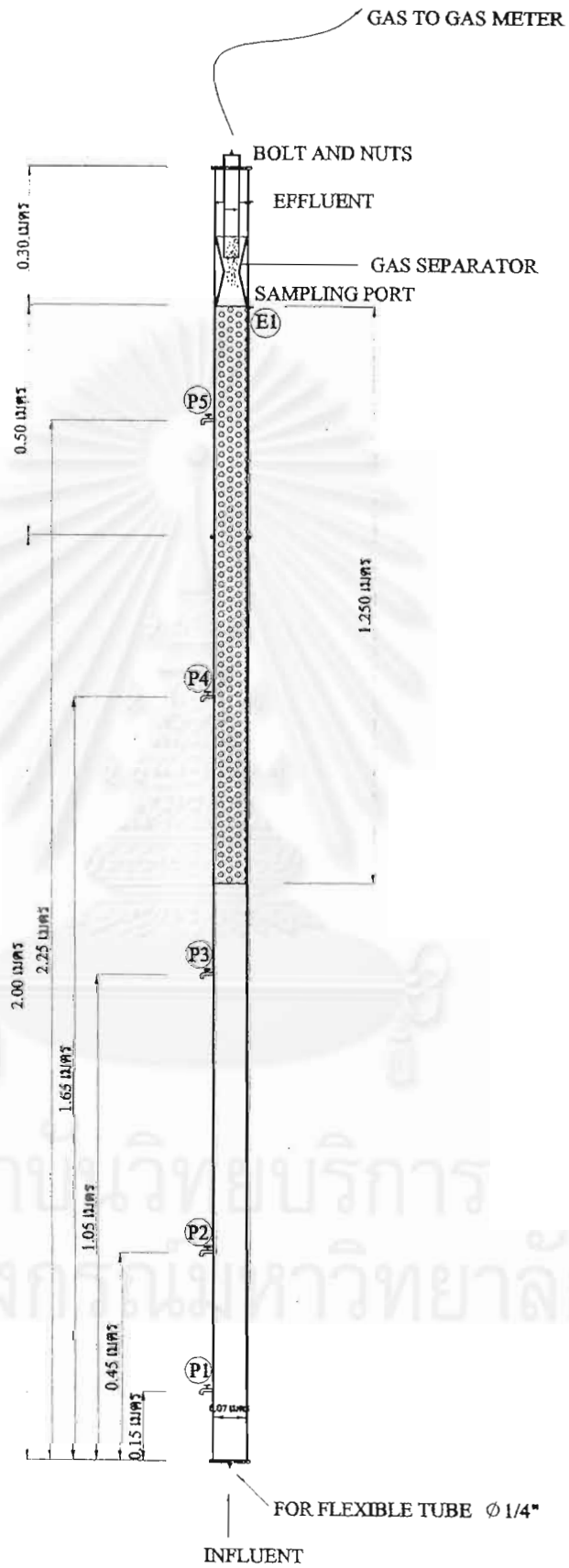
ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยการเปลี่ยนอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศ

อัตราการป้อนน้ำเสีย (ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (HRT) (ชั่วโมง)	ค่าประมาณความเข้มข้น สารอินทรีย์ในน้ำเสีย (มก.ซีโอดี/ลิตร)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)
30	9	5,500	14.67
15	18	5,500	7.33
10	27	5,500	4.89
7.5	36	5,500	3.67

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.2.1 ถังกรองไร้อากาศ

ตัวถังกรองทำด้วยพีวีซีใส รูปทรงกระบอกสูง 2.80 เมตร (ส่วนบน 0.30 เมตรเป็นชุดเก็บก๊าซ) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.07 เมตร พื้นที่หน้าตัดประมาณ 0.0045 ตร.ม. มีปริมาตรประมาณ 0.01125 ลบ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ดึงกรองโรอากาศที่ใช้ในการวิจัย

ตอนบนและล่างสุดของถังกรองประกอบด้วยฝาครอบทำด้วยแผ่นพีวีซีใสหนา 10 มม. ชั้นเนื้อตื้นแนบตลอดตามแนวของเส้นรอบวงประกอบแผ่นปะเก็นยางหนา 2 มม. ฝาครอบด้านบนและด้านล่างนี้จะเจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. เพื่อประกอบท่อที่จะนำน้ำเสียเข้าในตอนล่าง (upflow) และประกอบท่อที่จะนำน้ำเสีย และก๊าซออกจากถังด้านบน โดยภายในถังด้านบนจะเป็นระบบแยกก๊าซชีวภาพ ซึ่งจะต่อสู่เครื่องวัดก๊าซ ส่วนน้ำทิ้งจะไหลออกจากระบบถังกรองไว้อากาศผ่านท่อน้ำเสีย สำหรับท่อเก็บตัวอย่างมีอยู่ 5 จุด คือ ที่ระดับ 0.15 ม. (P1), 0.45 ม. (P2), 1.05 ม. (P3), 1.65 ม. (P4), 2.25 ม. (P5) และจุดน้ำออก (EF) จากถังกรองตามลำดับ

4.2.2 ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์

เป็นถังพลาสติกขนาด 50 ลิตร ใช้ในการพักน้ำเสียเข้าก่อนสู่ถังกรอง

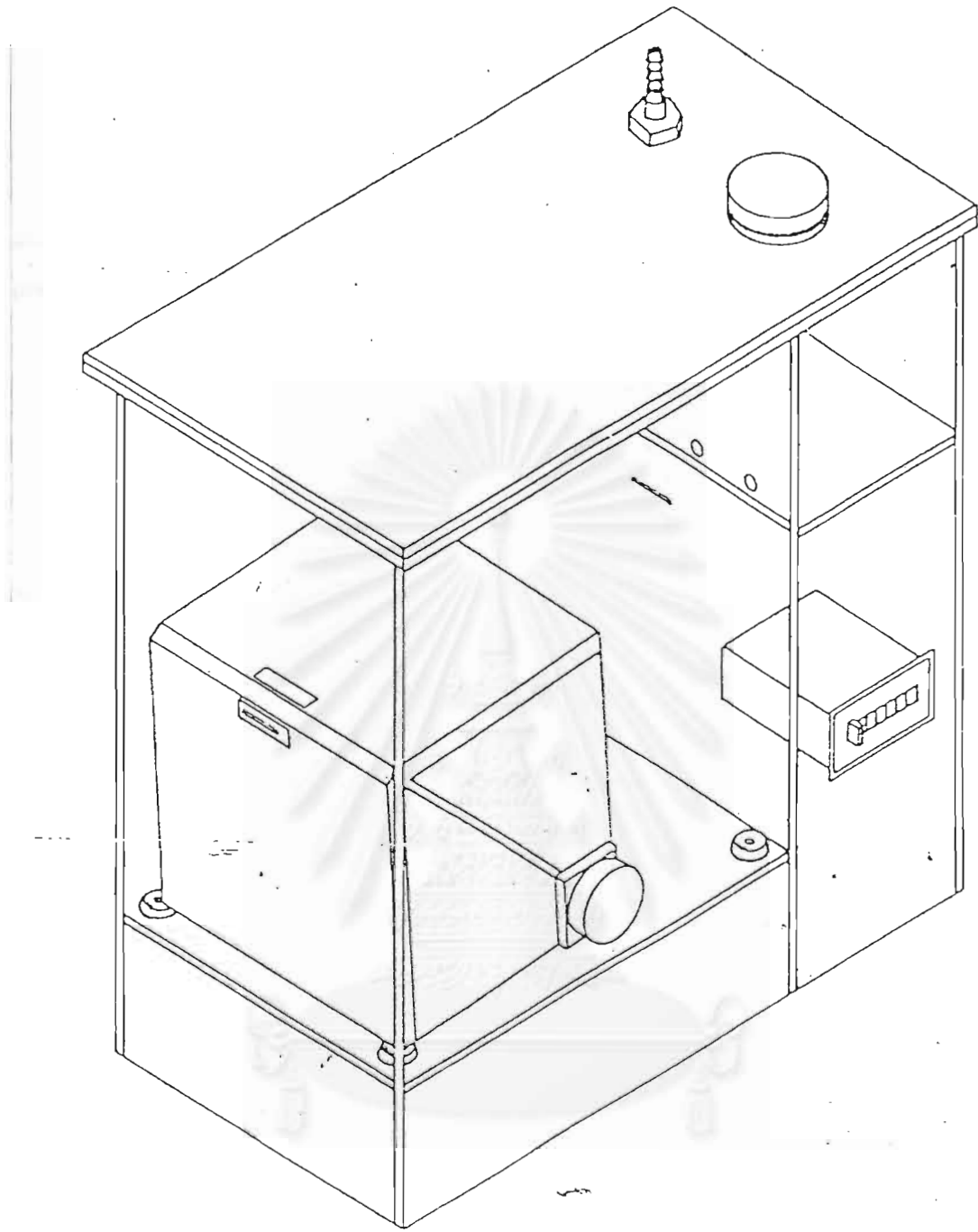
4.2.3 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถังกรอง

น้ำเสียถูกสูบเข้าถังกรองทางตอนล่างและไหลออกทางตอนบนโดยมีการทำงานในลักษณะไหลต่อเนื่อง เครื่องสูบน้ำเสียที่ใช้เป็น แบบรีดสาย

4.2.4 เครื่องวัดก๊าซ

เครื่องวัดก๊าซใช้แบบเดียวกับที่ออกแบบโดยศักดิ์ชัย, 2527 ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งจะวัดผลรวมของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน และแสดงออกมาเป็นตัวเลขบนเครื่องวัด โดยก๊าซจะผ่านทางตอนล่างของเครื่องวัด ก๊าซและระเหยที่ออกสู่ภายนอกทางตอนบนของเครื่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 ก๊าซมิเตอร์ (GAS METER)

ที่มา : ศักดิ์ชัย,2527

4.2.5 ตัวกลางภายในถังกรอง

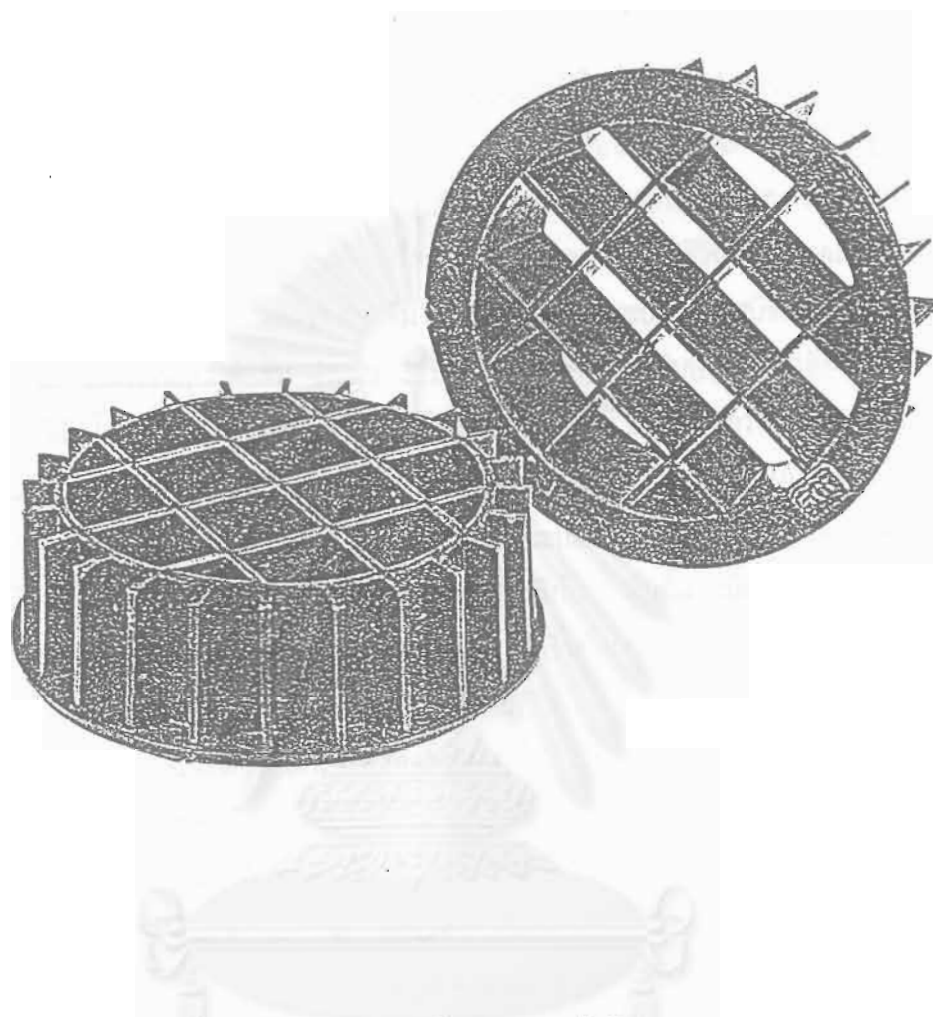
ตัวกลางที่ใช้ในการวิจัยเป็นพลาสติกที่ผลิตจากโพลีเอทิลีน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 มีลักษณะเป็นวงแหวน บรรจุอยู่ในถังกรอง มีลักษณะและलयครั้งถึงตอนบน โดยมีความหนาของชั้นตัวกลางเท่ากับ 1.25 เมตร ลักษณะของตัวกลางพลาสติกที่ใช้เป็นตัวกลาง มีลักษณะ ดังนี้

1. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย	70.00 มิลลิเมตร
2. ความสูง	22.00 มิลลิเมตร
3. เปอร์เซนต์ช่องว่างในหนึ่งหน่วยปริมาตร	90.00%
4. พื้นที่ผิวเฉลี่ย	109.00 ม. ² /ม. ³ ของตัวกลาง

4.3 น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนให้กับเครื่องกรองทั้ง 2 ตัว มีแร่ธาตุต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยเตรียมให้มีอัตราส่วนของ COD:N:P เท่ากับ 100:1.1:0.7 โดยน้ำเสียที่เตรียมขึ้นนี้จะมี COD 5,500 มิลลิกรัม/ลิตร และส่วนประกอบต่างๆ มีดังนี้ (โรมรัน ศรีสัมฤทธิ์)

1. ยูเรีย (urea)	330 มิลลิกรัม
2. KH_2PO_4	163 มิลลิกรัม
3. CaCl_2	17.7 มิลลิกรัม
4. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	117.3 มิลลิกรัม
5. FeCl_3	8.5 มิลลิกรัม
6. NH_4HCO_3	2450 มิลลิกรัม
7. น้ำตาล	4900 มิลลิกรัม
8. NaHCO_3	2450 มิลลิกรัม
9. น้ำประปาเจือจางและทำให้เป็น 1 ลิตร	



รูปที่ 4.3 ตัวกลางพลาสติกโพลิเอทรีนที่ใช้ในการวิจัย

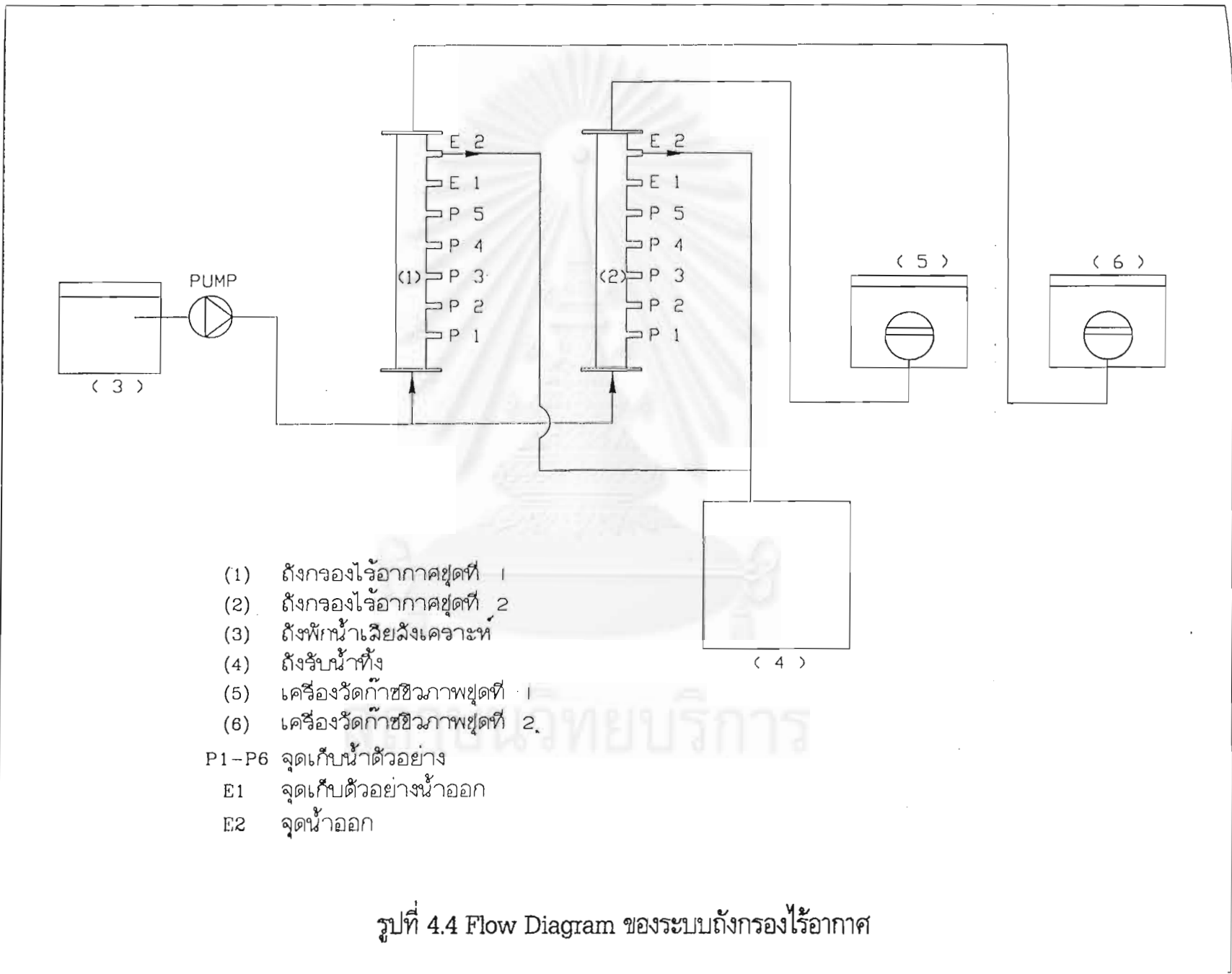
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การดำเนินการทดลอง

การเริ่มต้นระบบ (start up) ในการวิจัยนี้ใช้กระบอกรับน้ำที่มีขนาดเท่ากันจำนวน 2 ชุด บรรจุตัวกลางพลาสติกจำนวนเท่ากัน จะได้ถึงปฏิกริยาสำหรับระบบถังกรองไร้อากาศที่ใช้ในการวิจัยนี้ 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีการติดตั้งเหมือนกันทุกประการ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ภายในกระบอกรับน้ำจะบรรจุตัวกลางพลาสติกโดยใส่ให้มีความสูงของชั้นตัวกลางประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของกระบอกรับน้ำจากด้านบนลงมา จะได้ความสูงของชั้นตัวกลาง 1.25 ม. หลังจากนั้นเติม seed ที่นำมาจากระบบยูเอเอสบีของบริษัทบุญรอดเบียร์เวอรี่จำกัด มีลักษณะเป็นปุ๋ยสีดำเข้ม จำนวน 5 ลิตร (seed ที่นำมาเติมนั้นจะทำการเลี้ยงให้ชินกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้วิจัย โดยการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์วันละ 10% ของความเข้มข้นซีโอดีที่กำหนด) หลังจากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการวิจัยลงไปจนเต็มกระบอกรับน้ำ แล้วปิดฝาชั้นน็อคให้แน่น เมื่อต่อท่อน้ำทิ้งของระบบและ ติดตั้งกระบอกรับน้ำ ซึ่งด้านบนของกระบอกรับน้ำ เป็นชุดแยกก๊าซต่อเข้ากับเครื่องวัดก๊าซเรียบร้อยแล้ว ก็ทิ้งไว้ให้จุลินทรีย์ดำเนินการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้น เมื่อสังเกตเห็นมีก๊าซเกิดขึ้นที่เครื่องวัดก๊าซแล้ว ก็ถือว่าจุลินทรีย์พร้อมที่จะรับน้ำเสียใหม่ จึงเริ่มป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบทั้ง 2 ถังทางด้านล่าง โดยเริ่มป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบด้วยอัตรา 15 ลิตร/วัน เข้าถึงปฏิกริยาใบแรก และป้อนด้วยอัตรา 7.5 ลิตร/วัน เข้าถึงปฏิกริยาใบที่สอง และจะได้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 18 ชั่วโมง และ 36 ชั่วโมง ตามลำดับ ถือเป็น การดำเนินการทดลองชุดการทดลองที่ 2 และชุดที่ 4 ภายหลังจากที่เครื่องกรองทำงาน ในสภาวะคงที่ (steady state) โดยสังเกตจากค่าตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์จากน้ำทิ้ง ซึ่งได้แก่ ซีโอดี พีเอช สภาพต่างทั้งหมด และปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น มีค่าค่อนข้างคงที่ จนเก็บข้อมูลได้เพียงพอสำหรับที่จะวิเคราะห์การทำงานของระบบได้ แล้ว ก็จะเริ่มการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 3 ต่อไป ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาในการทดลองและเก็บข้อมูลการทำงานของระบบประมาณ 3 เดือนในแต่ละครั้งการทดลอง

4.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์น้ำเสีย

การเก็บตัวอย่างน้ำจะทำการเก็บตัวอย่าง 7 จุด คือ ที่ถังพักก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด ที่ท่อเก็บตัวอย่างของถังกรองที่ระยะ 0.15 ม. 0.45 ม. 1.05 ม. 1.65 ม. และ 2.25 ม. จากกันถัง และน้ำที่ผ่านจากระบบบำบัดแล้ว หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ ซึ่งรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.4 Flow Diagram ของระบบถังกรองไร้อากาศ

ตารางที่ 4.2 ตัวแปรตามที่จะวิเคราะห์ และความถี่ในการวิเคราะห์

ตัวแปรเปลี่ยนแปลงตาม	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง						น้ำทิ้ง
	น้ำเข้า	บริเวณต่างๆ ของถังกรองไร้ออกซิเจน					
		P1	P2	P3	P4	P5	
ซีโอดีกรอง	A	B	B	B	B	B	A
กรดระเหยง่าย	A	B	B	B	B	B	A
สภาพความเป็นด่างทั้งหมด	A	B	B	B	B	B	A
โออาร์พี	A	B	B	B	B	B	A
ตะกอนแขวนลอย	A	B	B	B	B	B	A
ตะกอนโคลาไธล์	A	B	B	B	B	B	A
ปริมาณก๊าซทั้งหมด	-	-	-	-	-	-	A
พีเอช	A	-	-	-	-	-	A
อุณหภูมิ	A	B	B	B	B	B	A
% ก๊าซมีเทน	-	-	-	-	-	-	B

หมายเหตุ A หมายถึง ตัวแปรตามที่วิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 ครั้ง

B หมายถึง ตัวแปรตามที่วิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 ครั้ง หลังจากระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ (steady state)

4.6 วิธีที่ใช้วิเคราะห์

- ซีโอดีกรอง : Closed Reflux, Titrimetric Method
- พีเอช : Glass Electrode Method
- โออาร์พี : ORP Meter
- กรดระเหยง่าย : Titration Method (ภาคผนวก ฉ.)
- สภาพความเป็นด่างทั้งหมด : Titration Method
- ตะกอนแขวนลอย : Gravimetric Method
- ตะกอนโคลาไธล์
- ปริมาณก๊าซทั้งหมด : Gas Meter (ศักดิ์ชัย, 2527)
- % ก๊าซมีเทน : Gas Chromatograph

หมายเหตุ วิธีการหาปริมาณกรดระเหยง่ายและสภาพความเป็นด่างทั้งหมด แสดงในภาคผนวก ฉ.

บทที่ 5

ผลการทดลองและการวิจารณ์

5.1 ผลการดำเนินการวิจัย

ในช่วงแรกของการทดลองวิจัยนี้ ได้ใช้ถึงปฏิกิริยาสำหรับระบบถังกรองไร้อากาศ 2 ชุดมีปริมาตรถังเท่ากับ 11.25 ลิตร การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 5.1 โดยเริ่มดำเนินการทดลองชุดที่ 2 และ 4 มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 18 และ 36 ชั่วโมง ที่อัตราการไหล 15 และ 7.5 ลิตร/วัน ตามลำดับ โดยเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ในระบบถังกรองไร้อากาศนำมาจากระบบยูเอเอสบีของบริษัทบุญรอดเบียร์เวอรัจำกัด การเริ่มป้อนน้ำเสียกระทำที่อัตราการไหลที่ 7.5 และ 15 ลิตร/วัน และแปรเปลี่ยนค่าซีไอดีจากความเข้มข้นต่ำจนถึงค่าซีไอดีที่ต้องการคือ 5,500 มิลลิกรัม /ลิตร ดังสรุปชุดการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	อัตราการป้อนน้ำเสีย (ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	ค่าประมาณความเข้มข้นสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (มิลลิกรัม ซีไอดี/ลิตร)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)
1	30	9	5,500	14.67
2	15	18	5,500	7.33
3	10	27	5,500	4.89
4	7.5	36	5,500	3.67

ในกรณีการทดลองชุดที่ 2 และ 4 ช่วงแรกของการเริ่มระบบพบว่าต้องใช้เวลาในการเริ่มต้นระบบนานมาก เนื่องจากเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ที่นำมาจากระบบยูเอเอสบี ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ค่าความเข้มข้นซีไอดีประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร แล้วค่อยๆเพิ่มค่าความเข้มข้นซีไอดีไปเรื่อยๆ โดยการเพิ่มค่าความเข้มข้นซีไอดีดูจากปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากก๊าซมิเตอร์ ถ้าพบว่าเมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นซีไอดีแล้วระบบยังผลิตก๊าซในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จึงสามารถเพิ่มค่าความเข้มข้นค่าซีไอดีได้ แต่ถ้าระบบหยุดผลิตก๊าซ หรือผลิตก๊าซน้อยลงก็ให้หยุดการเพิ่มความเข้มข้นซีไอดีทันที เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจนถึง 5,500 มิลลิกรัม/ลิตร ก็เริ่มเก็บผลการทดลองจนระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ ให้เพียงพอสำหรับวิเคราะห์การทำงานของระบบได้ ซึ่งใช้เวลาประมาณ

5 เดือน หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการทดลองชุดที่ 1 และ 3 ซึ่งมีระยะเวลาเก็บกักที่ 9 และ 27 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยทำการรักษาระดับค่าความเข้มข้นซีโอดีที่ 5,500 มิลลิกรัม/ลิตร แล้วปรับเปลี่ยนค่าอัตราการไหลโดยเพิ่มอัตราการไหลจาก 15 ลิตร/วัน เป็น 30 ลิตร/วัน ในการทดลองชุดที่ 1 และเพิ่มอัตราการไหลจาก 7.5 ลิตร/วัน เป็น 10 ลิตร/วัน ในการทดลองชุดที่ 3 จากการทดลองพบปัญหาในการทดลองชุดที่ 1 เนื่องจากต้องป้อนน้ำเสี้ยวด้วยอัตราการไหลที่ 30 ลิตร/วัน ซึ่งต้องใช้ความระมัดระวังในเรื่องการเพิ่มอัตราการไหลให้สูงขึ้น เพื่อป้องกันการเสียดสีของระบบ เนื่องจากระบบไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก ดังนั้นจึงต้องค่อยๆเพิ่มอัตราการไหลเพื่อให้ระบบสามารถปรับตัวได้ โดยใช้เวลาในการเริ่มต้นเดินระบบประมาณ 5 เดือนและหลังจากนั้นจึงทำการเก็บผลการทดลอง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 3 เดือน



สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.1 การติดตั้งอุปกรณ์ของระบบถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริด

5.1.1 ผลการทดลองของถังกรองไร้อากาศ

ผลการทดลองที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ได้แสดงไว้ในตาราง ค.1 ค.2 ค.3 และ ค.4 ตามลำดับ ในภาคผนวก ค. โดยผลการทดลองที่นำมาแสดงเป็นค่าเฉลี่ยของผลการทดลองขณะที่ถังกรองไร้อากาศทำงานอยู่ในช่วงสภาวะคงที่ (steady state) โดยวันที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แสดงในภาคผนวก ค.(ตาราง ค.5) ผลการทดลองของตัวแปรต่าง ๆ จะแสดงถึงความแตกต่างและพฤติกรรมการทำงานของถังกรองไร้อากาศ ดังต่อไปนี้

ค่าพีเอชน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 7.05 6.88 6.80 และ 6.41 ตามลำดับ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ค่าพีเอชน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศมีค่าลดลง เนื่องมาจากถังกรองไร้อากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานจากการสะสมกรดไขมันระเหยในระบบ

ค่าไออาร์พีน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ -315 -303 -319 และ -308 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ค่าไออาร์พีน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศไม่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงเท่าใดนัก

ค่าอุณหภูมิน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 30.9 27.3 30.1 และ 27.5 องศาเซลเซียส โดยพบว่าอุณหภูมิน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศ มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องขณะที่ทำการทดลอง

ค่าตะกอนแขวนลอยน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 782 796 1080 และ 1198 มก./ล. ตามลำดับ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ ค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจะมีค่าสูงขึ้น และค่าตะกอนโวลูไทล์ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 576 625 948 และ 1099 มก./ล. ตามลำดับ

ค่าสภาพความเป็นด่างในน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 1432 1360 1229 และ 1477 มก./ล. ในแอมโมเนียมคาร์บอนเนตตามลำดับ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ ค่าสภาพความเป็นด่างในน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศมีแนวโน้มลดลง

ค่าปริมาณกรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 428 583 615 และ 935 มก./ล.ในเทอมกรดอะซิติก ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ ค่าปริมาณกรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

อัตราส่วนกรดระเหยง่ายต่อสภาพต่างทั้งหมดในน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 0.29 0.42 0.50 และ 0.63 ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ ค่าอัตราส่วนกรดระเหยง่ายต่อสภาพต่างทั้งหมดในน้ำทิ้งมีค่าเพิ่มขึ้น

ค่าซีโอดีน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ เป็นค่าซีโอดีที่ได้จากการกรองน้ำทิ้งสำหรับทุกตัวอย่างที่วิเคราะห์ค่าซีโอดีกรองพบว่า อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 258 1512 2073 และ 3051 มก./ล. ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ ค่าซีโอดีในน้ำทิ้งจากถังกรองไร้อากาศมีค่าเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 96% 72% 62% และ 44% ตามลำดับพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังกรองไร้อากาศมีค่าลดลง

ปริมาณก๊าซทั้งหมดที่ผลิตได้ของถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 9.2 24.7 29 และ 38.9 ลิตร/วัน ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ปริมาณก๊าซทั้งหมดที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้น

เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพของถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 57.6 52.9 50.3 และ 50.3% ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนจะมีค่าลดลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของถังกรองไร้อากาศ

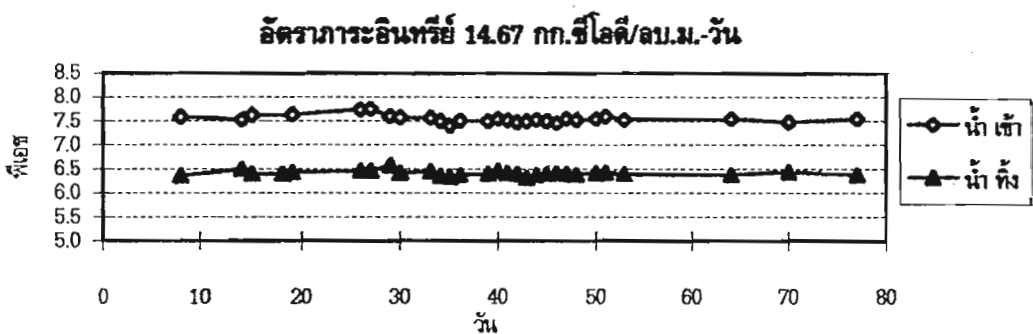
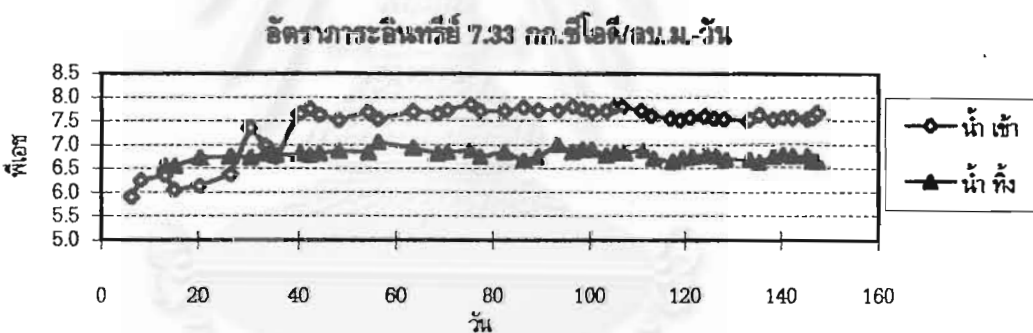
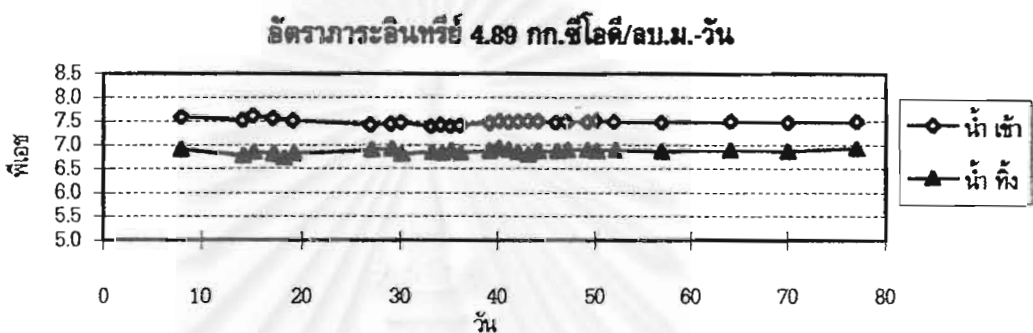
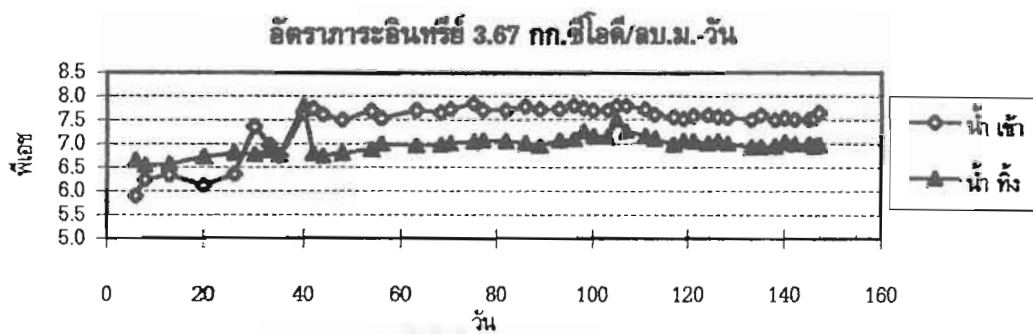
5.2.1 ค่าพีเอช อุณหภูมิ และค่าไออาร์พี

พีเอช

จากตารางที่ 5.2 พบว่าค่าเฉลี่ยพีเอชในน้ำทิ้งที่สภาวะคงที่ของถังกรองไร้อากาศมีค่าเท่ากับ 7.05 6.88 6.80 และ 6.41 ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง ก.1 ก.2 ก.3 และ ก.4 ในภาคผนวก ก. จะเห็นว่าค่าพีเอชมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้นด้วย ค่าพีเอชในน้ำทิ้งยังคงอยู่ในช่วงค่าพีเอช ประมาณ 6-7 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่ทำให้แบคทีเรียในถังกรองไร้อากาศทำงานได้ ส่วนค่าพีเอชในน้ำเข้าของถังกรองไร้อากาศ มีค่าประมาณ 7.5-7.6 เป็นผลมาจากการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตและแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต เพื่อให้มีปริมาณบัฟเฟอร์มากเพียงพอให้ระบบมีความสมดุล การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของถังกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยพีเอชในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ

อัตราการป้อน น้ำเสีย (ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสีย (HRT) (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	พีเอช	
			น้ำเข้า	น้ำทิ้ง
30	9	14.67	7.52	6.41
15	18	7.33	7.63	6.80
10	27	4.89	7.47	6.88
7.5	36	3.67	7.63	7.05



รูปที่ 5.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของถังกรองไว้อากาศที่อัตราการระเหย 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีไอต์/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ

อุณหภูมิ

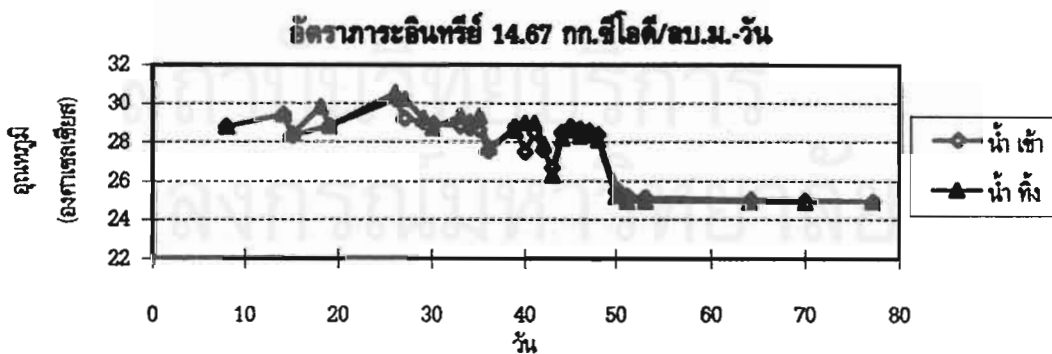
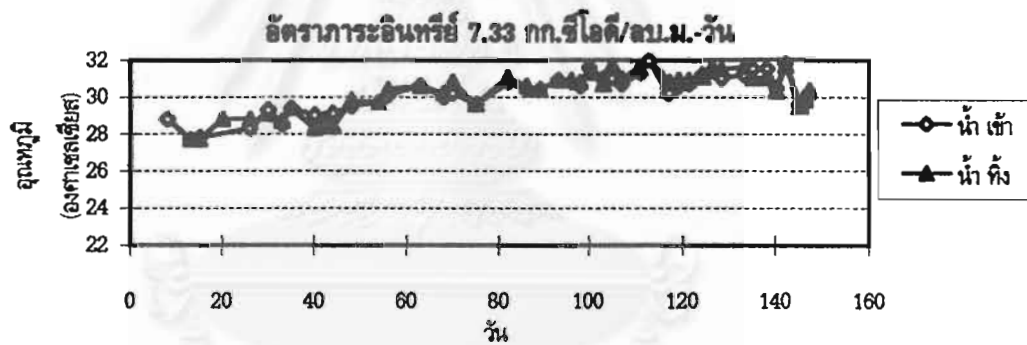
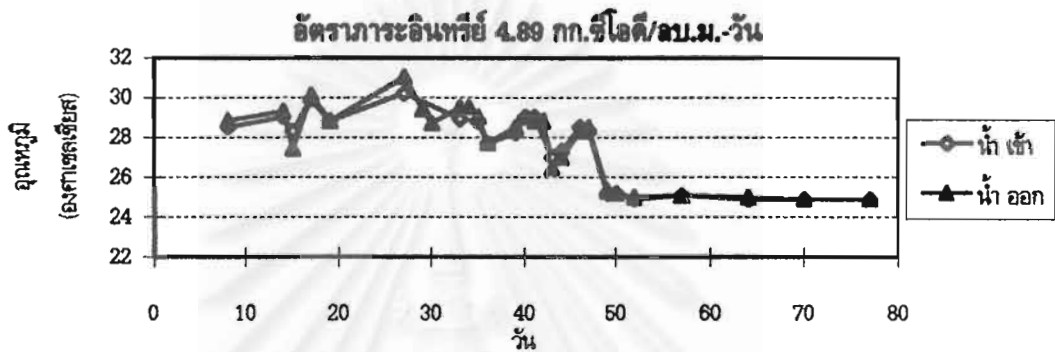
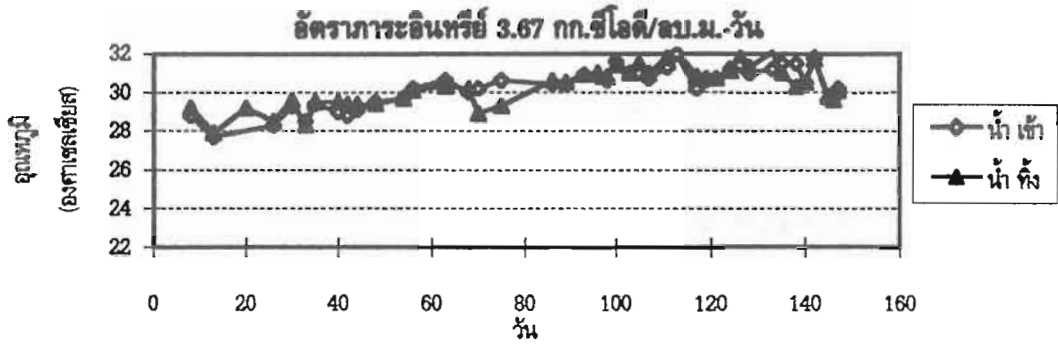
ตารางที่ 5.3 พบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำทิ้ง มีค่าประมาณ 27-32 องศาเซลเซียส รูปที่ 5.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับจะเห็นได้ว่าการเพิ่มอัตราการอินทรีย์ไม่มีผลต่อค่าอุณหภูมิ โดยค่าอุณหภูมิจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องขณะทำการทดลองที่อัตราการอินทรีย์นั้น

ตารางที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ

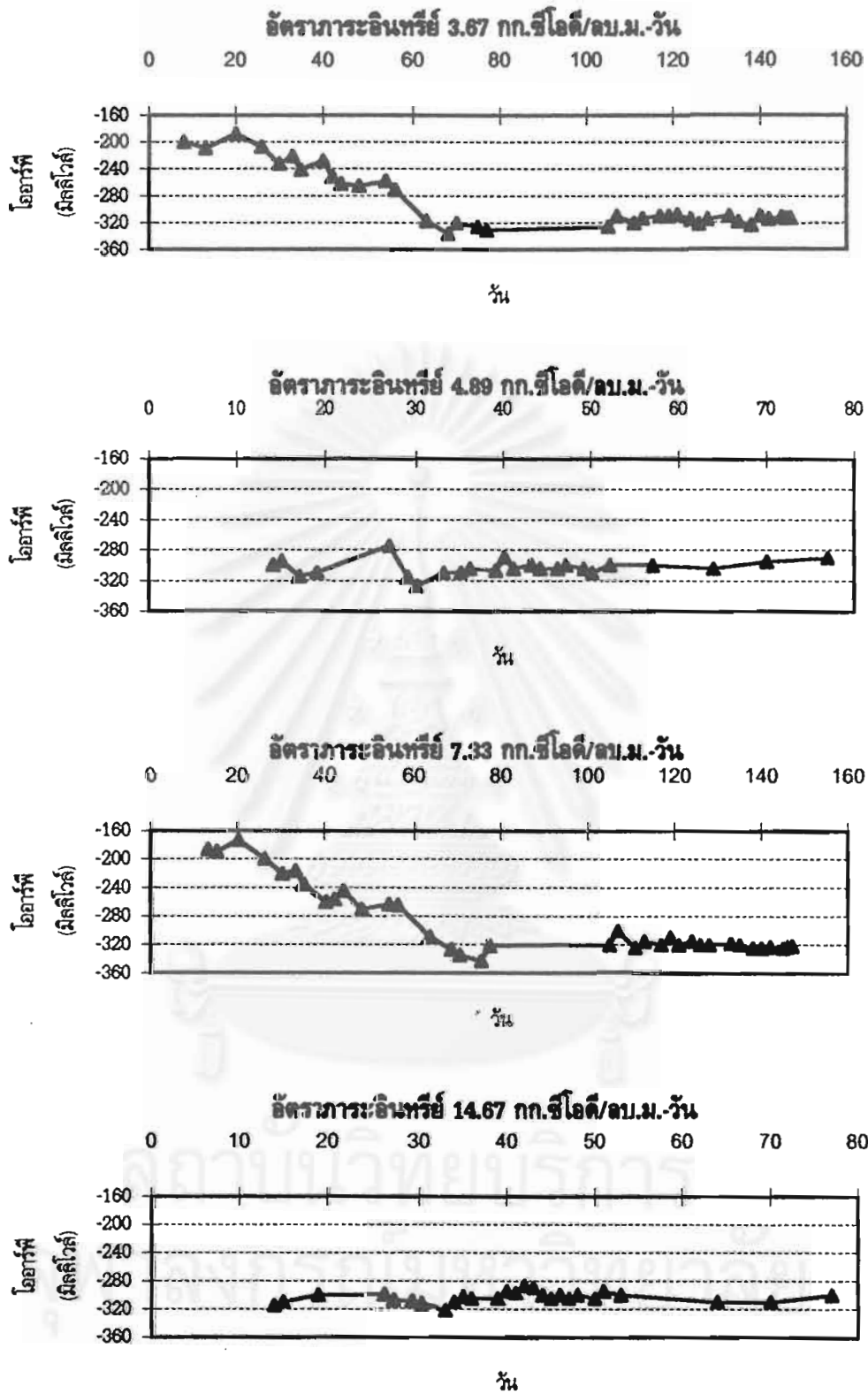
อัตราการป้อน น้ำเสีย (ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสีย (HRT) (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
			น้ำเข้า	น้ำทิ้ง
30	9	14.67	27.5	27.5
15	18	7.33	30.9	30.1
10	27	4.89	26.9	27.3
7.5	36	3.67	32.0	30.9

โออาร์พี

จากตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ยโออาร์พีที่สภาวะคงที่ของถังกรองไร้อากาศ และรูปที่ 5.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าโออาร์พีของถังกรองไร้อากาศตลอดการทดลอง ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าค่าโออาร์พีมีค่าเป็นลบมาก แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไร้อากาศและเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ ค่าโออาร์พีไม่ได้เพิ่มหรือลดตามอัตราการอินทรีย์ แสดงให้เห็นว่า ค่าโออาร์พีไม่ได้แสดงลักษณะการทำงานของถังกรองไร้อากาศให้เห็นอย่างชัดเจน และที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 และ 7.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งเป็นช่วงแรกของการเริ่มต้นระบบ ค่าโออาร์พีจะมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง -180 ถึง -300 และเมื่อระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัว ค่าโออาร์พีก็เริ่มคงที่ อยู่ระหว่าง -300 ถึง -330 และที่อัตราการอินทรีย์ 4.89 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ค่าโออาร์พีมีค่าอยู่ระหว่าง -280 ถึง -320 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว



รูปที่ 5.3 การเปลี่ยนแปลงจุดหมุ่ น้ำเข้าและน้ำหึ่งของด้งกรองไร่อากาศที่อัตราการระเหย 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 5.4 การเปลี่ยนแปลงค่าโออาร์พิน้ำเข้าและน้ำทิ้งของถังกรองไว้อากาศที่อัตราการระเหยอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ยโออาร์พีในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ

อัตราการป้อน น้ำเสีย(ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	โออาร์พี (มิลลิโวลท์)
30	9	14.67	-308
15	18	7.33	-319
10	27	4.89	-303
7.5	36	3.67	-315

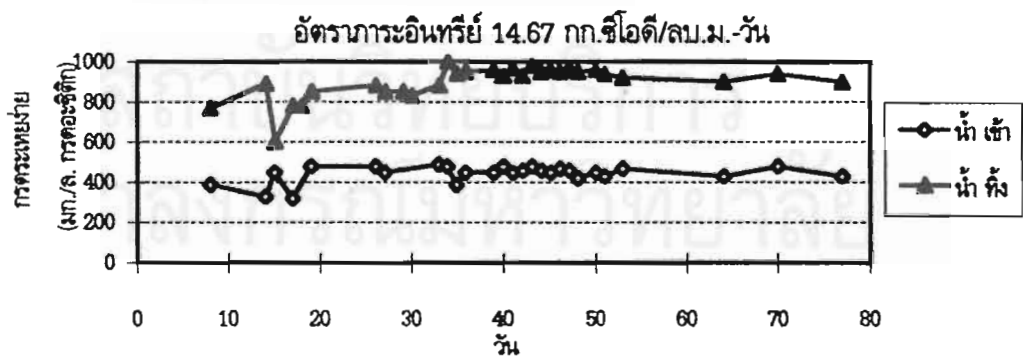
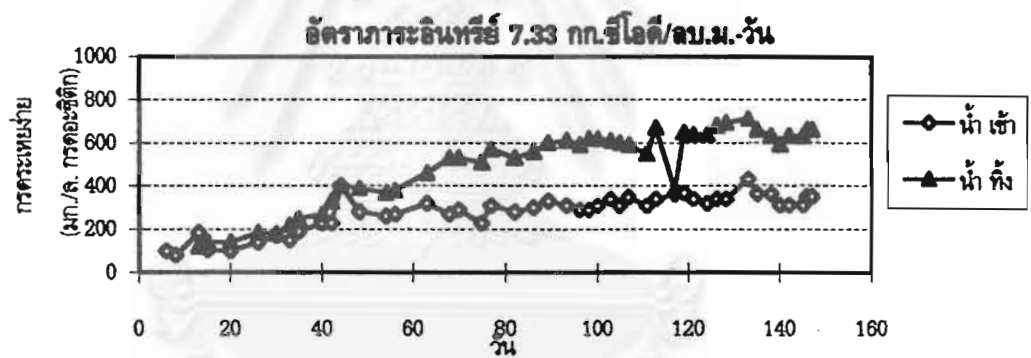
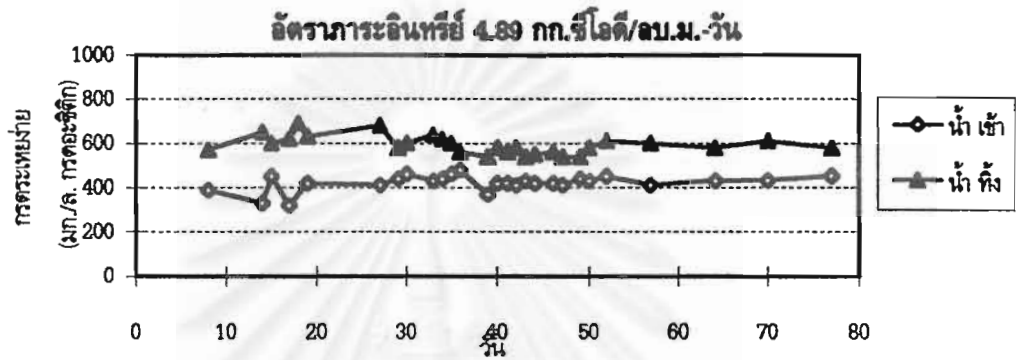
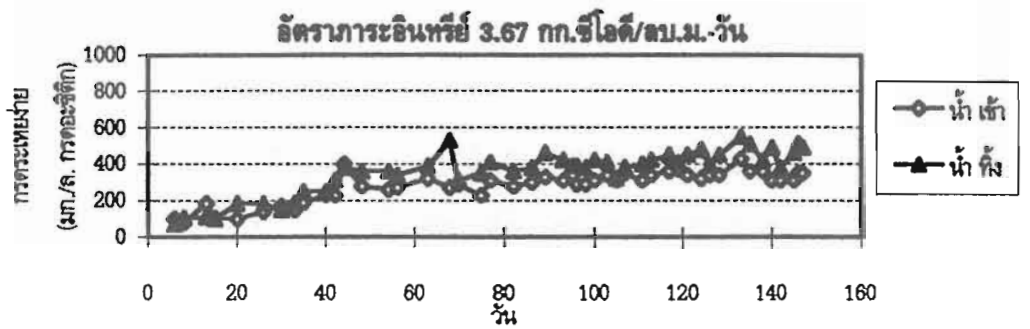
5.2.2 กรดระเหยง่าย สภาพต่างทั้งหมด

กรดระเหยง่าย

จากตารางที่ 5.5 เป็นค่าเฉลี่ยกรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งที่สภาวะคงที่ของถังกรองไร้อากาศ จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ กรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งจะมีค่าเพิ่มขึ้น รูปที่ 5.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงกรดระเหยง่ายของถังกรองไร้อากาศตลอดการทดลอง พบว่าทุกๆอัตราการอินทรีย์ กรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งมีค่าสูงกว่ากรดระเหยง่ายในน้ำเข้า และที่อัตราการอินทรีย์ 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน กรดระเหยง่ายของน้ำทิ้งมีค่าสูงกว่าในน้ำเข้ามาก แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียสร้างมีเทนในระบบมีปริมาณไม่เพียงพอกับกรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้นภายในในระบบ

ตารางที่ 5.5 ค่าเฉลี่ยกรดระเหยง่ายในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ

อัตราการป้อน น้ำเสีย (ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสีย (HRT) (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	กรดระเหยง่าย (มก./ล. กรดอะซิติก)	
			น้ำเข้า	น้ำทิ้ง
30	9	14.67	454	935
15	18	7.33	331	615
10	27	4.89	431	583
7.5	36	3.67	331	428



รูปที่ 5.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงการระเหยน้ำเข้าและน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตรา
การอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

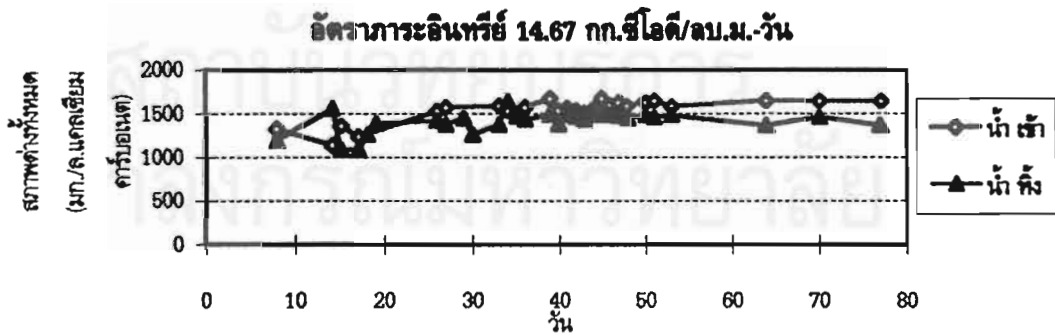
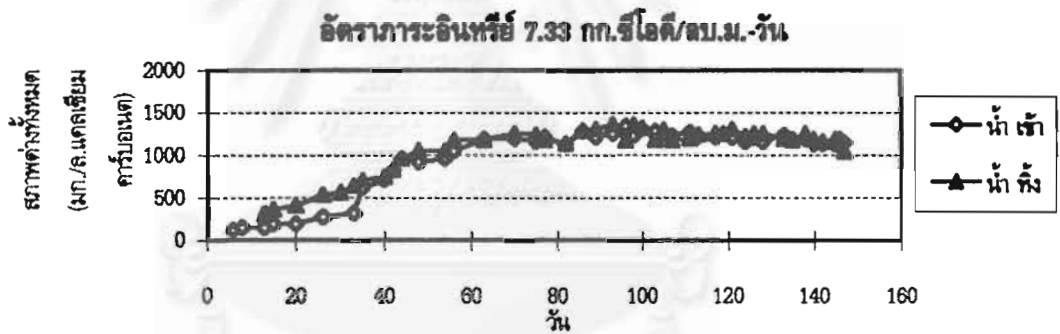
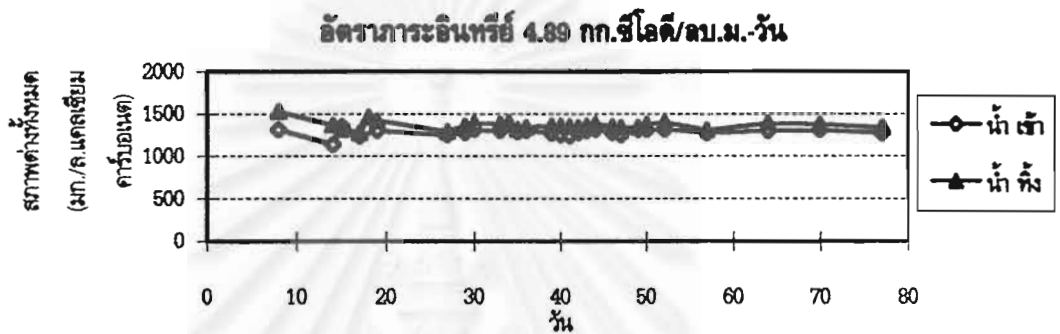
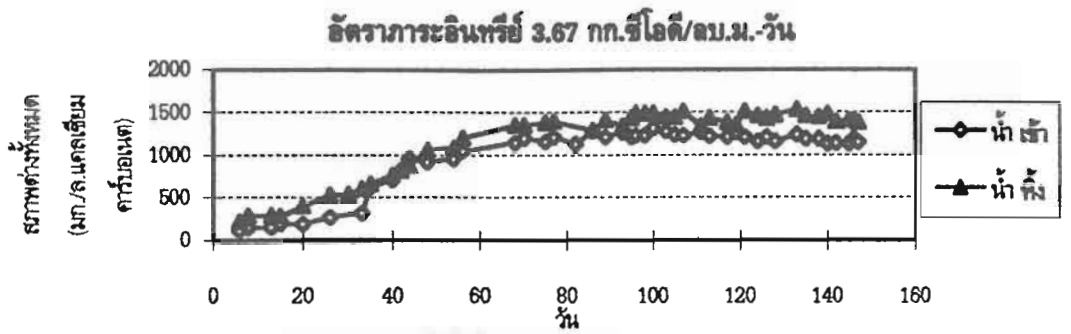
สภาพต่างทั้งหมด

จากตารางที่ 5.6 เป็นค่าเฉลี่ยสภาพต่างทั้งหมดในน้ำเสียที่สภาวะคงที่ของถังกรองไร้อากาศ และรูปที่ 5.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพต่างทั้งหมดของถังกรองไร้อากาศตลอดการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยสภาพต่างทั้งหมดในน้ำเข้ามีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากการเติมไบคาร์บอเนต ด้วยอัตราส่วนที่เท่ากัน ยกเว้นที่อัตราการอินทรีย์ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน จะเติมไบคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นเพื่อให้กำลังฟัฟเฟอร์แก่ระบบให้เพียงพอ ถังระบบมีกำลังฟัฟเฟอร์ต่ำ ปริมาณกรดระเหยง่ายที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพีเอชที่จะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียสร้างมีเทน และสภาพต่างทั้งหมดในน้ำทิ้งมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มอัตราการอินทรีย์ แต่สภาพต่างทั้งหมดในน้ำทิ้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำเสียผ่านถังกรองไร้อากาศ เนื่องจากปริมาณไบคาร์บอเนต ที่เพิ่มขึ้นจากการออกซิไดซ์กรดอะซิติก ยกเว้นที่ อัตราการอินทรีย์ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน สภาพต่างทั้งหมดในน้ำทิ้งลดลงเมื่อผ่านถังกรองไร้อากาศ

ตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ยสภาพความเป็นด่างทั้งหมดในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ

อัตราการป้อน น้ำเสีย (ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสีย (HRT) (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)	สภาพความเป็นด่างทั้งหมด (มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต)	
			น้ำเข้า	น้ำทิ้ง
30	9	14.67	1588	1477
15	18	7.33	1214	1229
10	27	4.89	1290	1360
7.5	36	3.67	1210	1432

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.6 การเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นต่างทั้งหมดน้ำเสียและน้ำทิ้ง ของถังกรองไร้อากาศที่อัตราการระเหยอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

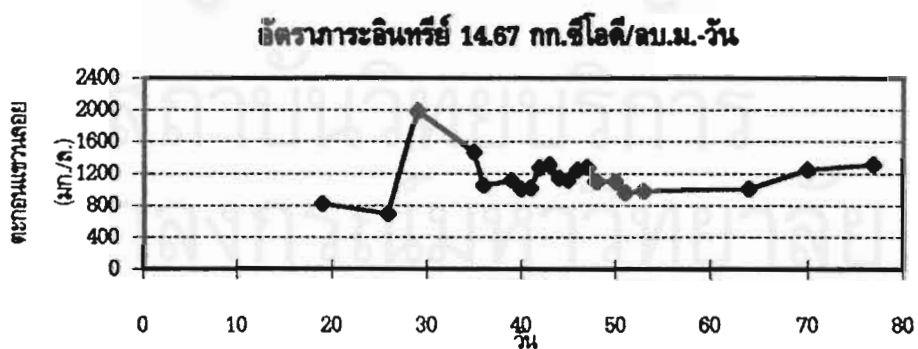
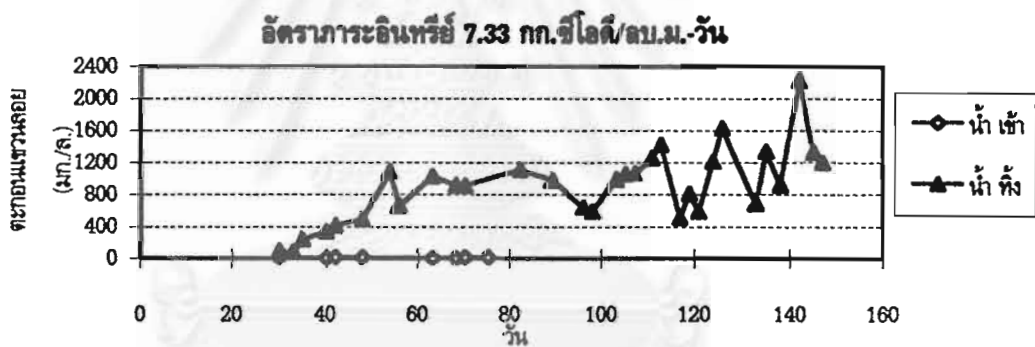
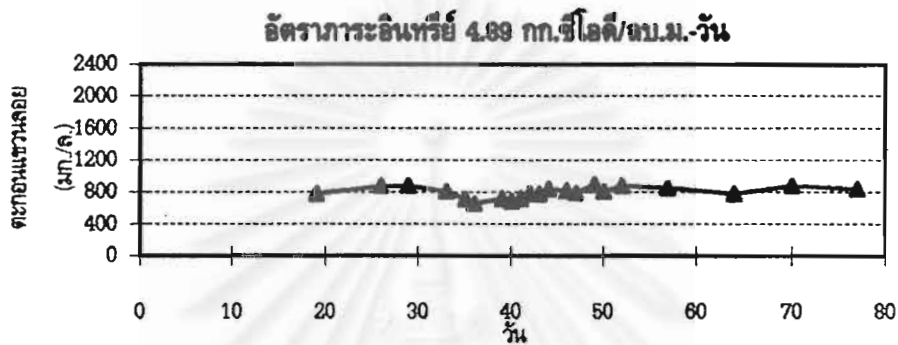
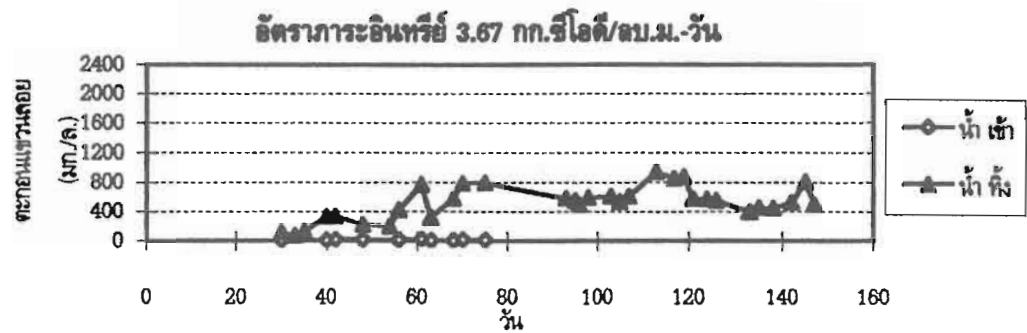
5.2.3 ตะกอนแขวนลอย และตะกอนโคลาไธล์

จากตารางที่ 5.7 และ 5.8 แสดงค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอย และค่าตะกอนโคลาไธล์ที่สภาวะคงที่ของถังกรองไร้อากาศพบว่าค่าตะกอนแขวนลอยและค่าตะกอนโคลาไธล์ของน้ำทิ้งจากระบบถังกรองไร้อากาศมีค่าค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่ามีการหลุดออก (Wash Out) ของแบคทีเรียภายในถังกรองไร้อากาศ และเมื่อเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ ค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนโคลาไธล์ของน้ำทิ้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ โดยค่าเฉลี่ยตะกอนโคลาไธล์มีค่าประมาณ 70-90% ของตะกอนแขวนลอย และพบว่าที่อัตราภาระอินทรีย์ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ค่าตะกอนโคลาไธล์มีค่าประมาณ 90% ของตะกอนแขวนลอย แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์จะมีการหลุดออกของแบคทีเรียเพิ่มขึ้นในระบบถังกรองไร้อากาศ

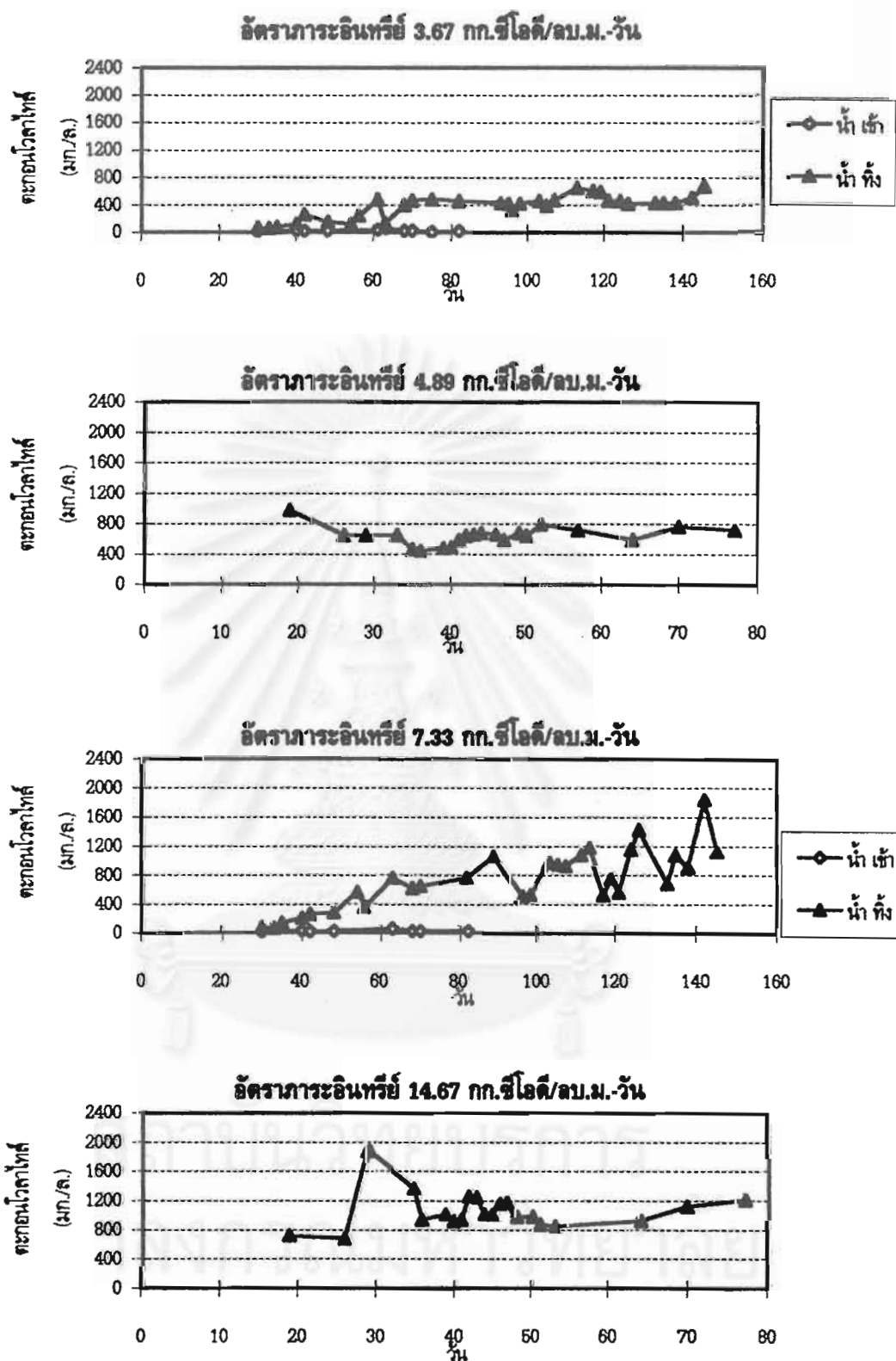
รูปที่ 5.7 และ 5.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนโคลาไธล์ของถังกรองไร้อากาศมีค่าค่อนข้างเปลี่ยนแปลง เนื่องจากภายในถังกรองเกิดการสะสมของก๊าซชีวภาพและกระจายขึ้นสู่ด้านบน โดยตัวกลางด้านบนไม่สามารถกักเซลล์และเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรียไม่ให้เกิดหลุดออกจากถังกรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ

อัตราการป้อนน้ำเสีย(ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราภาระอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)
30	9	14.67	1198
15	18	7.33	1080
10	27	4.89	796
7.5	36	3.67	782



รูปที่ 5.7 การเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตรา
การระเหยอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 5.8 การเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนไอลาไธล์ของน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตราการระเหย 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยตะกอนโคลาไธลในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ

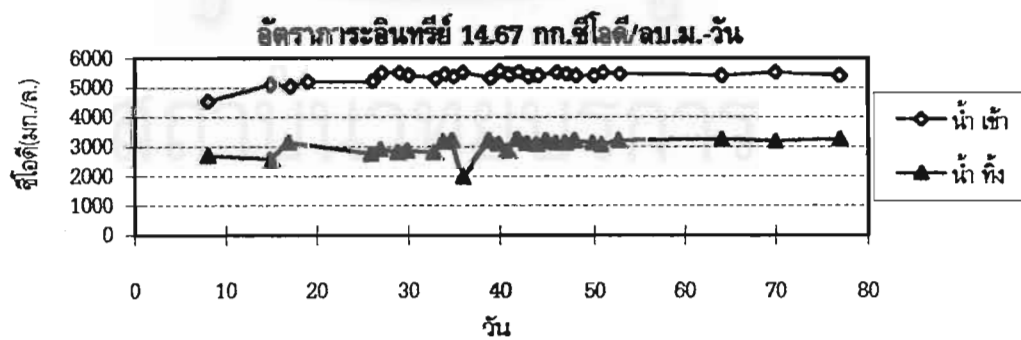
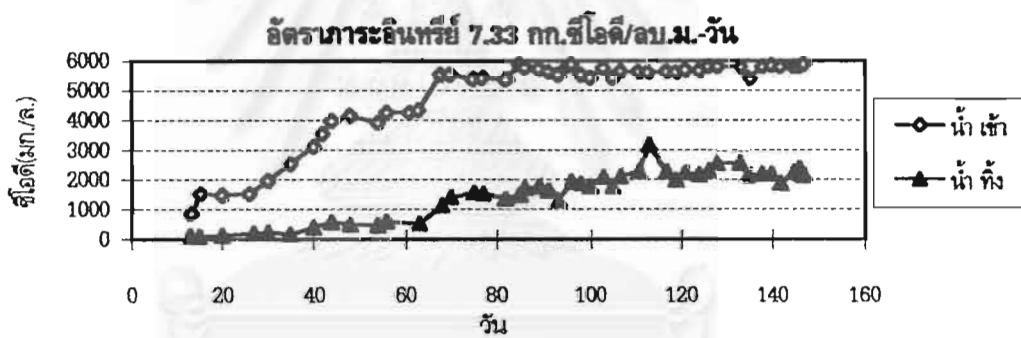
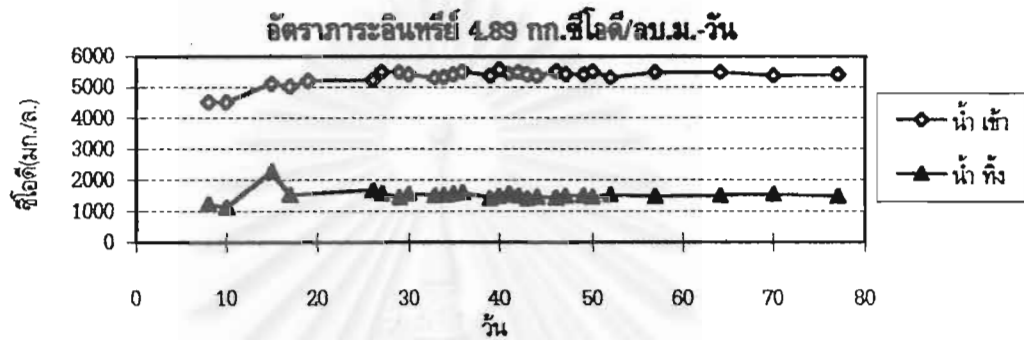
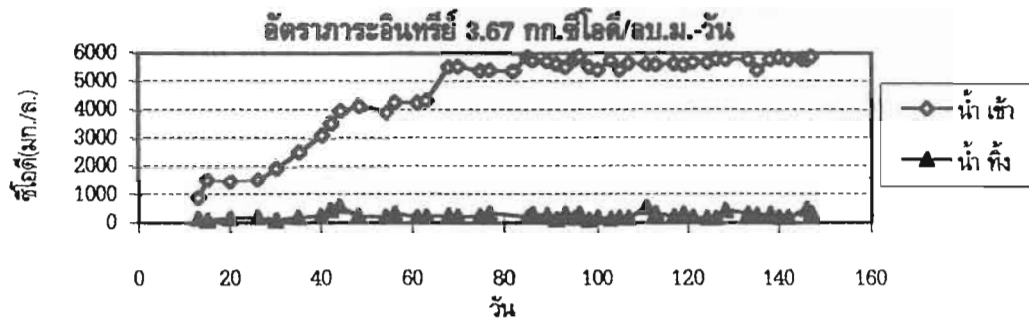
อัตราการป้อน น้ำเสีย(ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ตะกอนโคลาไธล (มก./ล.)
30	9	14.67	1099
15	18	7.33	948
10	27	4.89	625
7.5	36	3.67	576

5.2.4 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

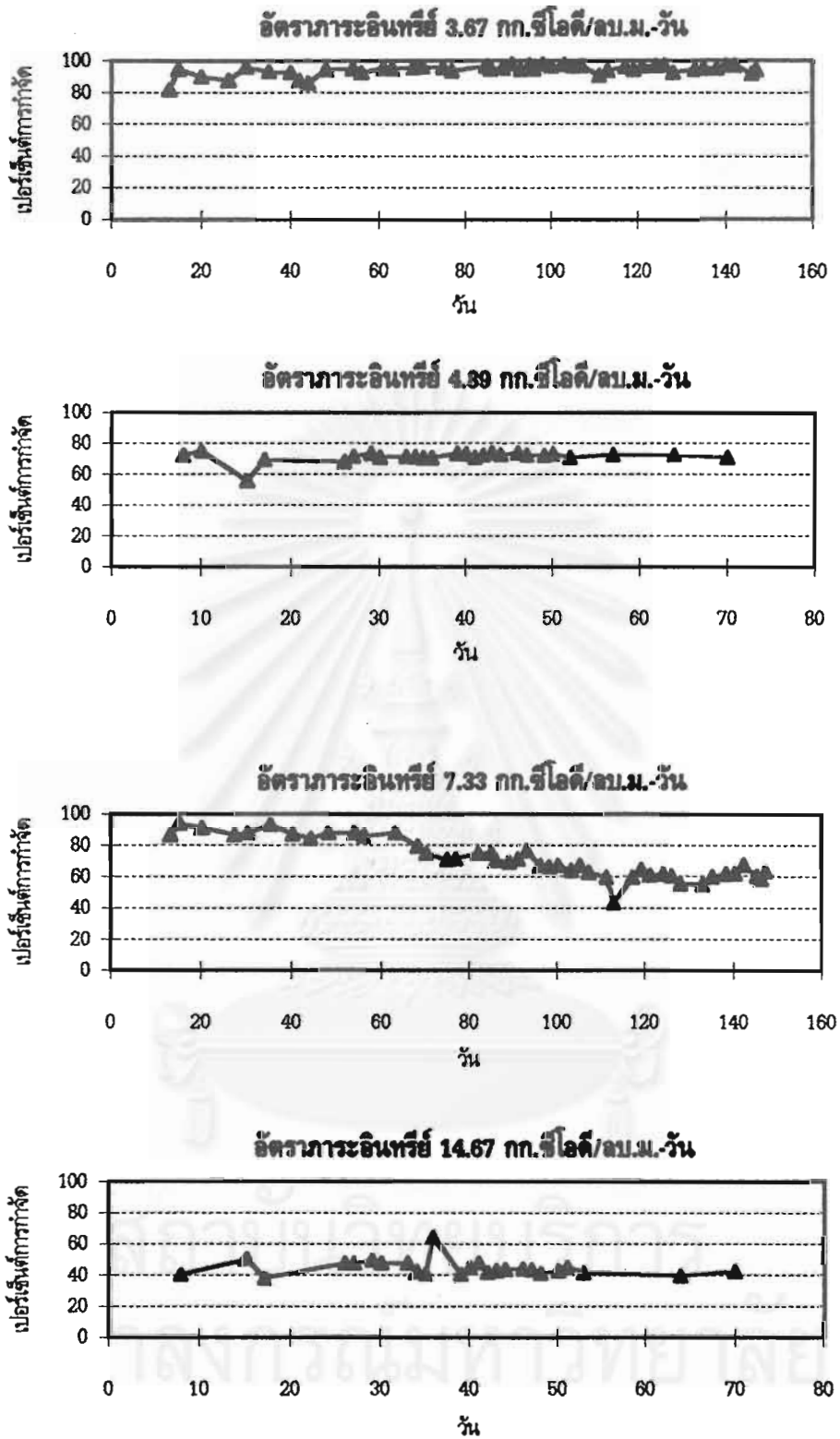
ตารางที่ 5.9 ค่าเฉลี่ยซีโอดี และเปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดีของถังกรองไร้อากาศที่สภาวะคงที่ จะเห็นว่าค่าซีโอดีน้ำเข้าจะมีค่าใกล้เคียงกันเพราะเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นให้มีค่าซีโอดีประมาณ 5,500 มก./ล. ส่วนค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการอินทรีย์เพิ่มขึ้น และที่อัตราการอินทรีย์ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งมีค่าสูงสุด ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังกรองไร้อากาศจะลดลงเมื่ออัตราการอินทรีย์เพิ่มขึ้น รูปที่ 5.9 และ 5.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีและ เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดีของถังกรองไร้อากาศตลอดการทดลอง ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ดังแสดงในตาราง ก.1 ก.2 ก.3 และ ก.4 ในภาคผนวก ก. พบว่าค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จะมีค่าค่อยๆเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นช่วงแรกของการเริ่มต้นระบบของถังกรองชุดที่ 1 และ 2 และเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งเริ่มมีค่าคงที่ โดยที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวได้เร็วกว่า ที่อัตราการอินทรีย์ 7.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และที่อัตราการอินทรีย์ 4.89 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ค่าซีโอดีของน้ำเสียและน้ำทิ้งค่อนข้างคงที่ เนื่องจากขณะทำการเก็บข้อมูลการทดลองระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว

ตารางที่ 5.9 ค่าเฉลี่ยซีโอดีและเปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดีในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ

อัตราการป้อน น้ำเสีย (ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกักน้ำ เสีย (HRT) (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	เปอร์เซ็นต์ การกำจัดซีโอดี	ซีโอดี (มก./ล.)	
				น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
30	9	14.67	44	5451	3051
15	18	7.33	64	5686	2073
10	27	4.89	72	5430	1512
7.5	36	3.67	96	5690	258



รูปที่ 5.9 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีน้ำเข้าและน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



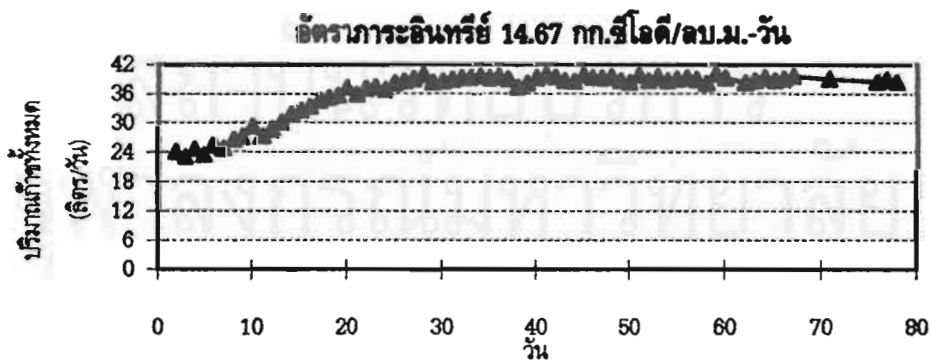
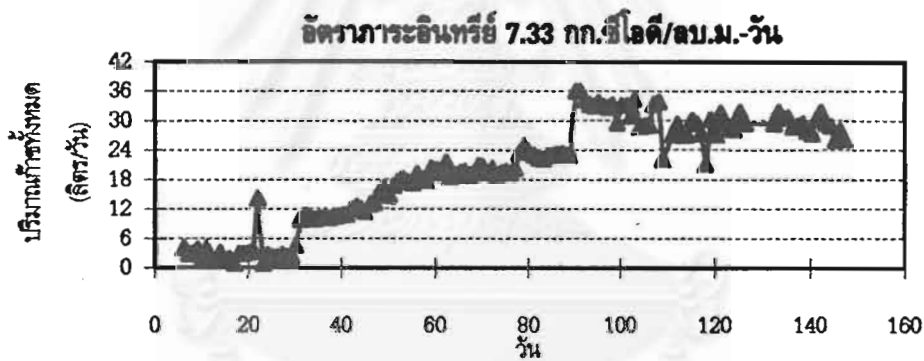
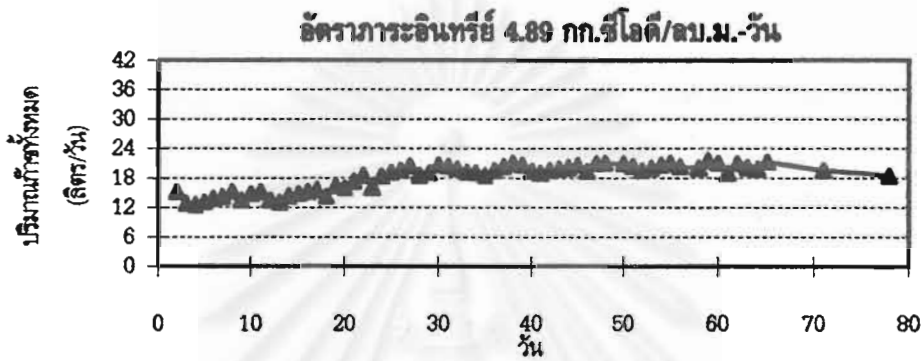
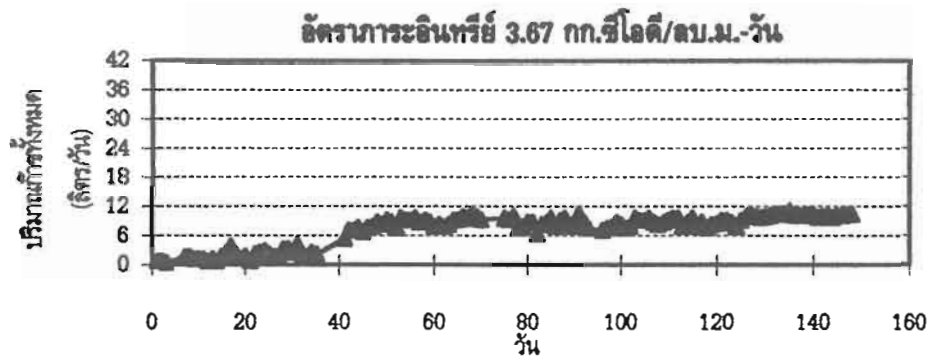
รูปที่ 5.10 การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดีน้ำเข้าและน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

5.2.5 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 5.10 เป็นค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ มีค่าเท่ากับ 9.2 24.7 29 และ 38.9 ลิตร/วัน ดังแสดงในภาคผนวก ก. (ตาราง ก.1-ก.4) และค่าเฉลี่ยอัตราการผลิตก๊าซมีเทนมีค่าเท่ากับ 0.12 0.24 0.24 และ 0.27 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก จ. (ตาราง จ.2) รูปที่ 5.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซชีวภาพของถังกรองไร้อากาศตลอดการทดลอง โดยก๊าซชีวภาพมีส่วนประกอบหลัก คือ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณและส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการทำงานของถังกรองไร้อากาศ จะเห็นว่าปริมาณก๊าซที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอัตราการอินทรีย์ และค่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนมีค่าเท่ากับ 57.5 53.2 51 และ 49.3 ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ง. (ตาราง ง.1และง.2) พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ จากผลการทดลองข้างต้น มีสาเหตุจากการเพิ่มอัตราการอินทรีย์ซึ่งเป็นการป้อนสารอาหารเข้าสู่ระบบเพิ่มมากขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น มีปริมาณลดลงและลดลงค่อนข้างเร็ว ที่อัตราการอินทรีย์ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และจากการทดลองพบว่าอัตราการผลิตก๊าซมีเทนมีค่าต่ำ เนื่องจากกว่ามีการผิดพลาดจากการวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น โดยมีการรั่วจากระบบก่อนที่ปริมาณก๊าซจะถูกไปเก็บรวบรวมที่เครื่องวัดปริมาณก๊าซ ทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการผลิตก๊าซมีเทนมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าความเป็นจริงดังแสดงในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซทั้งหมดในสภาวะคงตัวของถังกรองไร้อากาศ

อัตราการป้อน น้ำเสีย (ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร/วัน)	ค่าเฉลี่ยอัตราการผลิต ก๊าซมีเทน (ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด)
30	9	14.67	38.9	0.27
15	18	7.33	29	0.24
10	27	4.89	24.7	0.24
7.5	36	3.67	9.17	0.12



รูปที่ 5.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพน้ำเข้าและน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศที่
อัตราการระเหย 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน

5.3 ผลการทดลองตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ

5.3.1 ค่าพีเอช และ ค่าโออาร์พี

ตารางที่ 5.11 แสดงค่าเฉลี่ยพีเอช และ โออาร์พี รูปที่ 5.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศ ค่าพีเอชภายในถังกรองมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก มีค่าอยู่ระหว่าง 6-7 โดยค่าพีเอชมีค่าต่ำสุดที่ระยะ 0.15 ม. และค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน ตามความสูงของถังกรองที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากส่วนล่างของถังเป็นส่วนที่กรตะเยี่ยง่ายยังถูกใช้ไปไม่หมด แต่อย่างไรก็ตาม ค่าพีเอชภายในถังกรอง ตามระยะความสูงต่าง ๆ ก็มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่าระบบมีกำลังบำบัดเพียงพอที่จะรักษาระดับค่าพีเอช ให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียภายในระบบ และเมื่อพิจารณาจากอัตราการอินทรีย์ พบว่าที่ทุก ๆ ระยะความสูง ค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มอัตราการอินทรีย์

ตารางที่ 5.11 ค่าเฉลี่ยพีเอช และ ค่าเฉลี่ยโออาร์พีที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ

ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)			
		3.67	4.89	7.33	14.67
พีเอช	น้ำเข้า	7.60	7.49	7.57	7.55
	0.15	6.93	6.34	6.49	6.27
	0.45	7.24	6.48	6.53	6.30
	1.05	7.05	6.51	6.69	6.42
	1.65	6.98	6.62	6.73	6.44
	2.25	7.02	6.78	6.77	6.44
	2.50	7.06	6.87	6.72	6.44
โออาร์พี (มิลลิโวลต์)	น้ำเข้า	-	-	-	-
	0.15	-311	-282	-323	-274
	0.45	-326	-286	-325	-288
	1.05	-308	-293	-315	-293
	1.65	-299	-313	-311	-305
	2.25	-307	-298	-311	-298
	2.50	-311	-303	-313	-308

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

โอราร์พี

รูปที่ 5.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าโอราร์พีตามระยะความสูง ของถังกรองไร้อากาศ ค่าโอราร์พีภายในถัง ทุก ๆ จุดมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง -270 ถึง -320 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าโอราร์พีไม่ได้บ่งชี้ถึงความแตกต่างมากนัก เพียงแต่เป็นค่าลบแสดงว่าให้เห็นเป็นปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจน แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าบริเวณชั้นตัวกลาง ค่าโอราร์พีของน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างคงที่ แสดงให้เห็นว่าในช่วงบริเวณชั้นตัวกลาง เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ บริเวณด้านล่างของถังกรอง

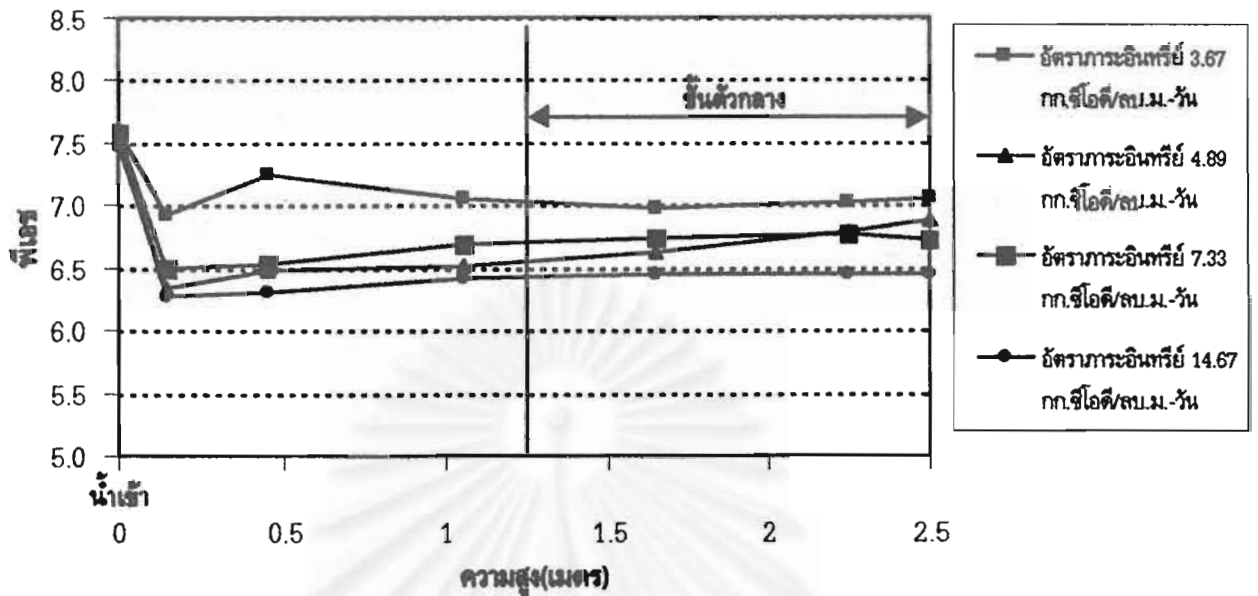
5.3.2 ปริมาณกรดระเหยง่าย สภาพต่างทั้งหมด และ อัตราส่วนกรดระเหยง่ายต่อสภาพต่างทั้งหมด

ปริมาณกรดระเหยง่าย

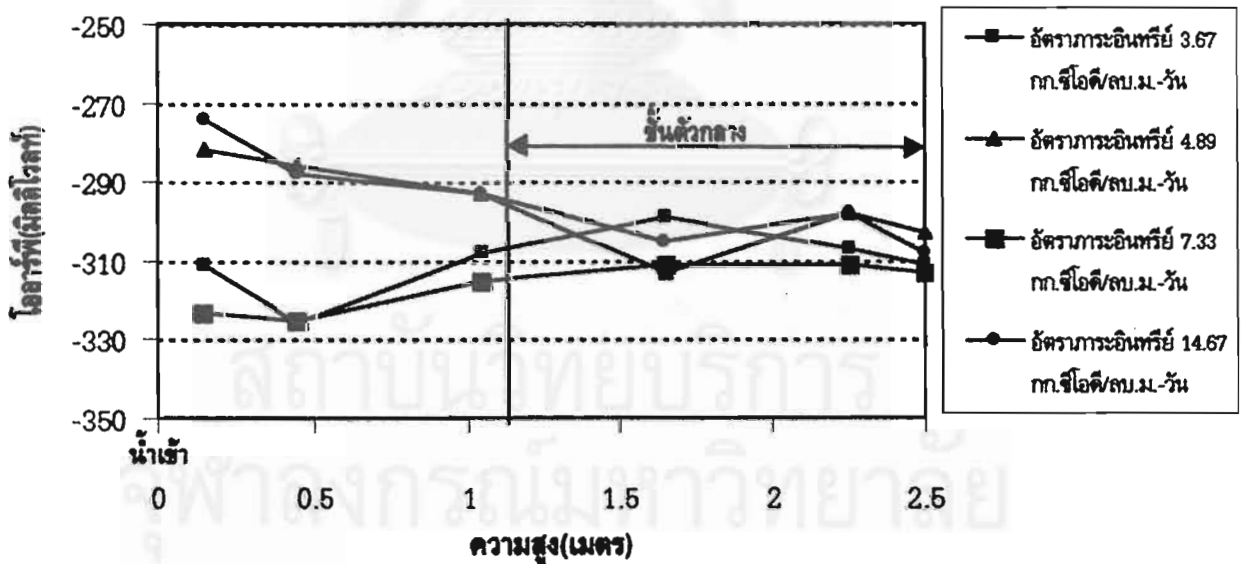
ตารางที่ 5.12 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดระเหยง่าย ค่าเฉลี่ยสภาพต่างทั้งหมด และ ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนกรดระเหยง่ายต่อสภาพต่างทั้งหมด รูปที่ 5.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดระเหยง่าย ตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศ จะเห็นว่าปริมาณกรดระเหยง่ายในน้ำเสียมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำเสียเริ่มเข้าสู่ระบบ และมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันหลังจากผ่านชั้นตะกอนที่ระยะ 0.15 ม. และเมื่อน้ำเสียผ่านบริเวณชั้นตัวกลางด้านบนของถังกรอง พบว่าปริมาณกรดระเหยง่าย มีค่าค่อนข้างคงที่ เนื่องจากในช่วงแรกแบคทีเรียสร้างกรดจะเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เปลี่ยนรูปไปเป็นกรดระเหยง่าย เห็นได้จากปริมาณกรดระเหยง่ายที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันแบคทีเรียสร้างมีเทน ก็จะใช้กรดระเหยง่ายในปริมาณหนึ่งซึ่งมีปริมาณน้อยกว่ากรดระเหยง่ายที่ถูกสร้างขึ้น ทำให้ปริมาณกรดระเหยง่ายโดยรวมมีค่าค่อนข้างคงที่

สภาพต่างทั้งหมด

รูปที่ 5.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพต่างทั้งหมดตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศ พบว่าค่าสภาพต่างทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มระดับความสูงของถัง โดยค่าสภาพต่างทั้งหมดที่ระยะ 0.15 ม. จะมีค่าต่ำสุด เนื่องจากในช่วงด้านล่างของถังเป็นบริเวณที่แบคทีเรียสร้างกรดย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เข้าระบบและเปลี่ยนไปเป็นกรดโวลลาไทล์ สภาพต่างทั้งหมดในน้ำเสียดังกล่าวจึงถูกใช้เป็นบัฟเฟอร์ให้กับระบบเพื่อรักษาสภาพพีเอชของระบบให้อยู่ในช่วงที่แบคทีเรียดำรงชีวิตอยู่ได้ และสภาพต่างทั้งหมดที่ระยะ 0.45 ม.ขึ้นไปมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาการใช้สภาพต่างทั้งหมดของระบบ ถูกนำไปใช้น้อยลง ทำให้เกิดการสะสมและเพิ่มขึ้นของสภาพต่างทั้งหมด และเมื่อพิจารณา สภาพต่างทั้งหมดบริเวณที่เป็นชั้นตัวกลางมีค่าค่อนข้างคงที่ แสดงให้เห็นว่า ในส่วนของชั้นตัวกลางด้านบนของถัง มีสภาพต่างที่เพียงพอ และไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพต่างบริเวณนี้



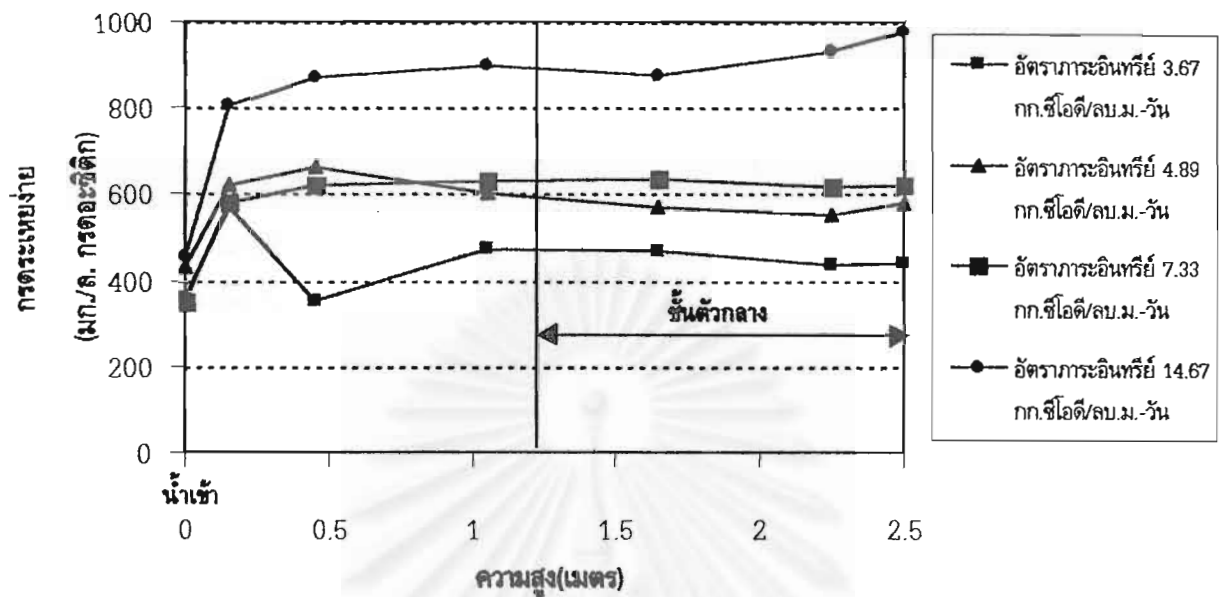
รูปที่ 5.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพืเชอร์ตามระยะความสูงของถังกรองไว้อากาศ ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



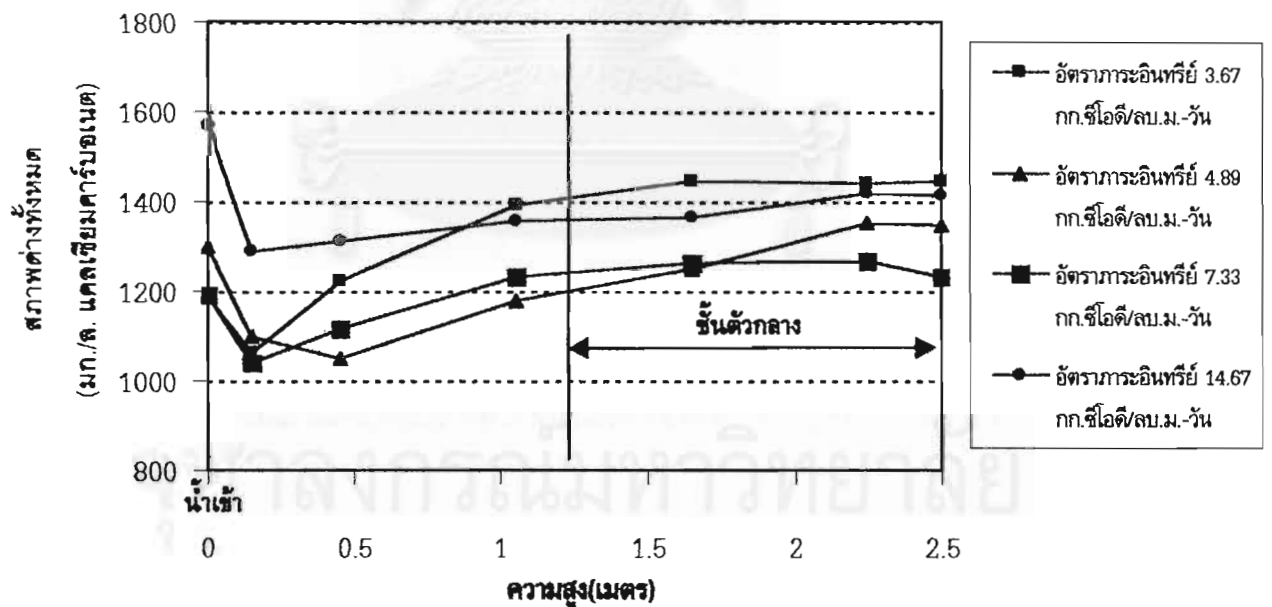
รูปที่ 5.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงโออาร์ทีที่ตามระยะความสูงของถังกรองไว้อากาศ ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน

ตารางที่ 5.12 ค่าเฉลี่ยการระเหยง่าย, ค่าเฉลี่ยสภาพต่างทั้งหมด และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการระเหยง่ายต่อสภาพต่างทั้งหมด ที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ

ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตราการระเหย (กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)			
		3.67	4.89	7.33	14.67
การระเหยง่าย (มก./ล.กรดอะซิติก)	น้ำเข้า	359	430	350	455
	0.15	568	670	577	805
	0.45	351	710	619	870
	1.05	474	655	630	900
	1.65	469	625	636	875
	2.25	435	600	614	930
	2.50	440	585	621	975
สภาพต่างทั้งหมด (มก./ล.กรดอะซิติก)	น้ำเข้า	1186	1300	1189	1570
	0.15	1062	1098	1038	1290
	0.45	1221	1050	1115	1310
	1.05	1393	1180	1231	1355
	1.65	1444	1250	1261	1365
	2.25	1441	1350	1268	1420
	2.50	1446	1345	1230	1415
อัตราส่วนการระเหยง่าย ต่อสภาพต่างทั้งหมด	น้ำเข้า	0.30	0.33	0.30	0.29
	0.15	0.54	0.61	0.56	0.62
	0.45	0.29	0.68	0.56	0.67
	1.05	0.34	0.56	0.51	0.67
	1.65	0.33	0.50	0.50	0.65
	2.25	0.30	0.44	0.48	0.66
	2.50	0.30	0.44	0.51	0.69



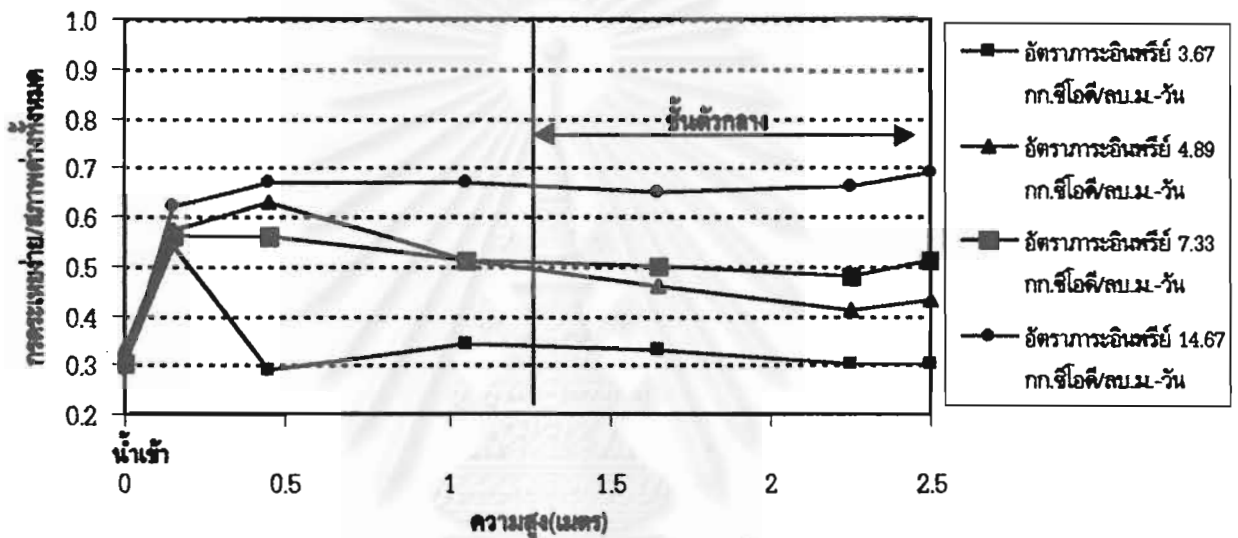
รูปที่ 5.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณการกระเจิง ตามระยะความสูงของถังกรองไว้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 5.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพต่างทั้งหมดตามระยะความสูงของถังกรองไว้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน

อัตราส่วนการกระจายต่อสภาพต่างทั้งหมด

รูปที่ 5.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการกระจายต่อสภาพต่างทั้งหมดตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศ จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนการกระจายต่อสภาพต่างทั้งหมดยังอยู่ในช่วง 0.3 - 0.7 แสดงให้เห็นว่าระบบมีปัฟเฟอร์เพียงพอ ที่ไม่ทำให้ ค่าพีเอชเกิดลดลงอย่างรวดเร็ว โดยมีค่าสูงสุดที่ระยะความสูง 0.15 ม. และมีแนวโน้มลดต่ำ เมื่อระยะความสูงเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากที่ระยะความสูง 0.15 ม. มีการเพิ่มปริมาณการกระจาย ที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียสร้างกรดและค่าสภาพต่างทั้งหมดที่ลดลงเพื่อใช้เป็นบัฟเฟอร์ให้กับระบบ



รูปที่ 5.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการกระจายต่อสภาพต่างทั้งหมด ตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน

5.3.3 ตะกอนแขวนลอยและตะกอนไเวลาไหล

ตารางที่ 5.13 แสดงค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยและค่าเฉลี่ยตะกอนไเวลาไหล รูปที่ 5.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศ รูปที่ 5.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนไเวลาไหล ตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศ ค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนไเวลาไหลภายในถังมีค่าลดลงเมื่อระยะความสูงเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากที่ความสูง 0.55 ม. จากกันถึงเป็นส่วนของชั้นตะกอนนอน ซึ่งจะมีการลอยขึ้นและตกลงกันถึงเมื่อเกิดมีปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นภายในชั้นของตะกอน ดังนั้นที่ระยะ 0.45 ม. จึงมีแนวโน้มที่ค่าตะกอนแขวนลอยและค่าตะกอนไเวลาไหลสูงกว่าที่ระยะ 0.15 ม. และที่บริเวณชั้นตัวกลางด้านบนของถังกรอง พบว่าค่าตะกอนแขวนลอย และค่าตะกอนไเวลาไหล มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณด้านล่างของถังกรอง แสดงให้เห็นว่าบริเวณชั้นตัวกลางไม่มีการสะสมตะกอนแขวนลอย และตะกอนไเวลาไหล ภายในบริเวณช่องว่างของตัวกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณด้านล่างถัง นอกจากนี้ยังพบ

ว่าที่ระยะ 1.05 ม. ค่าตะกอนแขวนลอยและค่าตะกอนโคลนไหลมีค่าลดลงเกือบเท่ากับบริเวณชั้นตัวกลาง จึงไม่สามารถยืนยันถึงการทำงานของตัวกลางว่าสามารถทำหน้าที่กักเซลล์แบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ ยกเว้นว่าจะทำการเพิ่มจุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ระยะระหว่าง 0.5 กับ 1.05 ม.จากกันถึง เพื่อจะได้ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยและค่าตะกอนโคลนไหลที่ระดับความสูงดังกล่าว นอกจากนี้ค่าอายุสลัดจ์จะทำให้ทราบถึงปริมาณเซลล์แบคทีเรียที่หลุดออกจากระบบ แต่ไม่สามารถคำนวณหาอายุสลัดจ์ได้ เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำการหาปริมาณตะกอนโคลนไหล

ตารางที่ 5.13 ค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอย และ ค่าเฉลี่ยตะกอนโคลนไหล ที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ

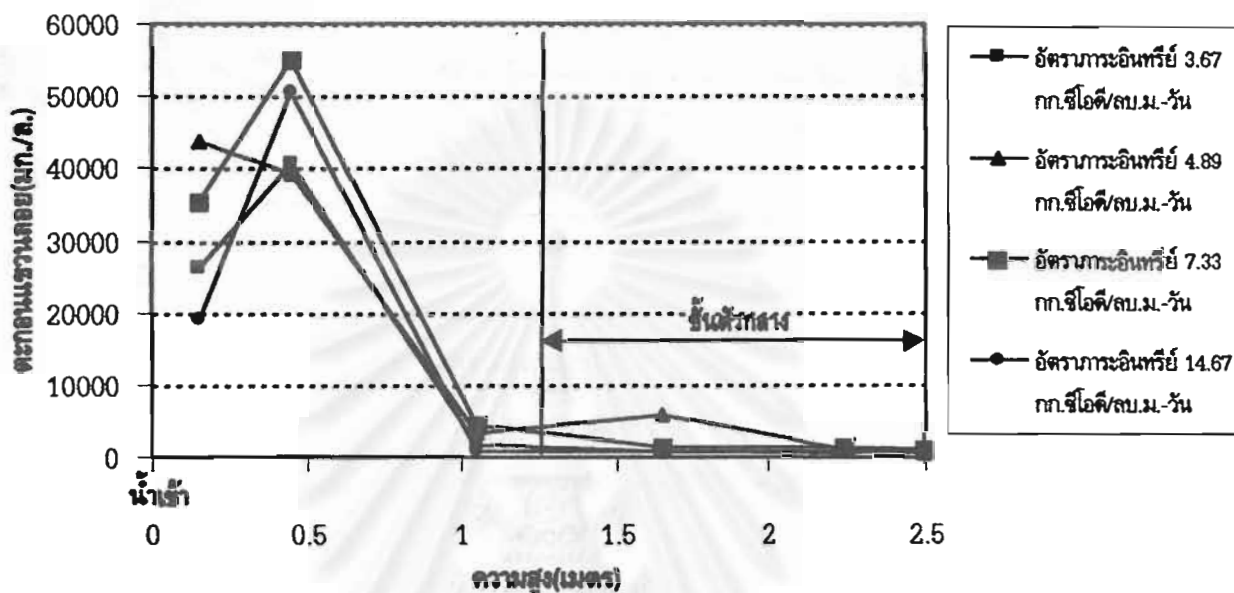
ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตราภาวะอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)			
		3.67	4.89	7.33	14.67
ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	น้ำเข้า	-	-	-	-
	0.15	26235	43700	35350	19050
	0.45	40750	39350	54950	50700
	1.05	1639	3373	4450	909
	1.65	912	5866	1419	845
	2.25	777	1191	1362	669.5
	2.50	808	629	1131	1045
ตะกอนโคลนไหล (มก./ล.)	น้ำเข้า	-	-	-	-
	0.15	22950	41050	30838	17250
	0.45	30000	37050	45405	45850
	1.05	1394	3226	4180	741
	1.65	769	5645	1211	811
	2.25	674	1167	1183	647
	2.50	717	578	970	971

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

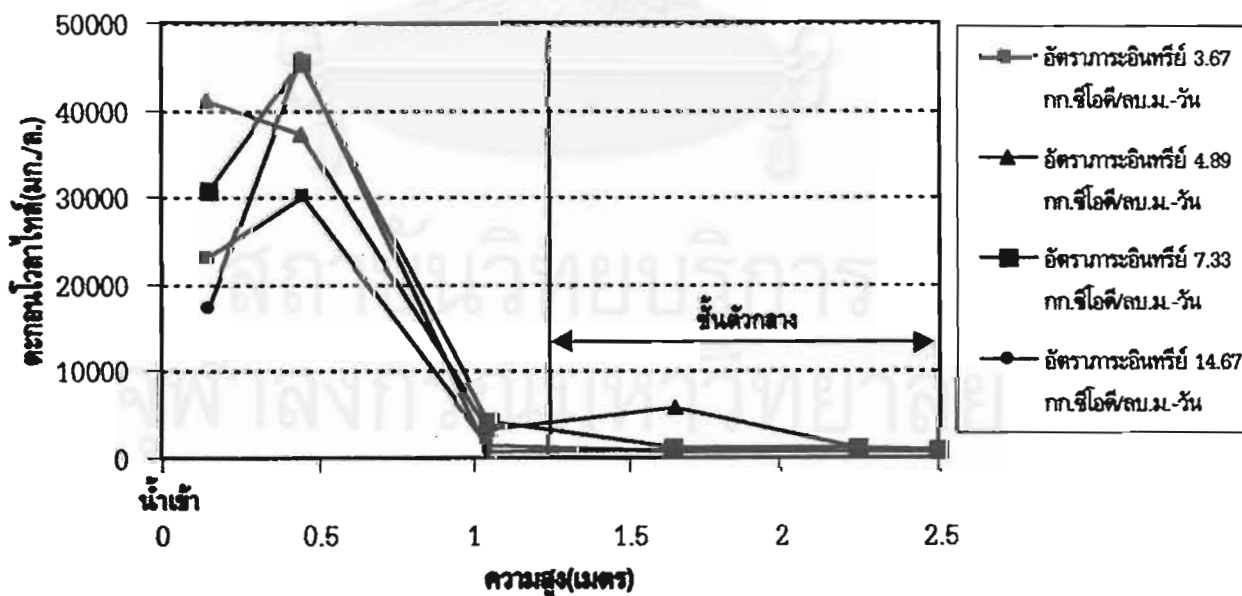
5.3.4 ซีโอดี

รูปที่ 5.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดี ตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศ พบว่าค่าเฉลี่ยซีโอดีมีค่าลดลงตามความสูงของถัง ดังแสดงในตารางที่ 5.14 โดยการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณตอนล่างของถังกรอง และจะมีค่าค่อนข้างคงที่ หลังจากระยะ 0.45 ม. ขึ้นไป แสดงถึงการเกิด

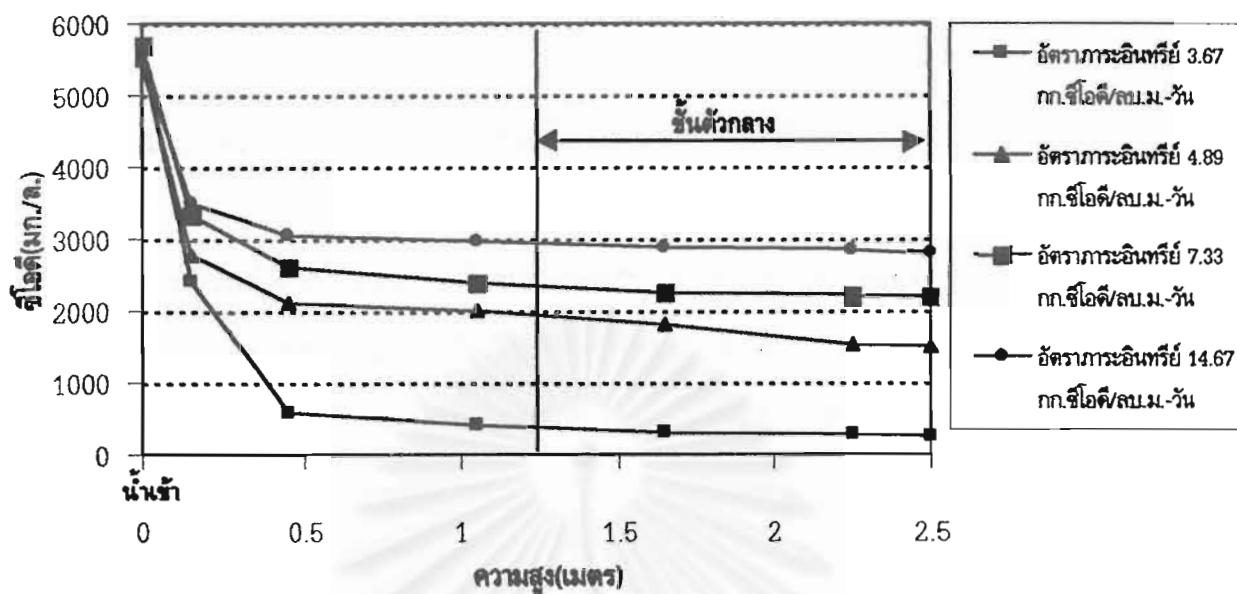
ปฏิกิริยา การย่อยสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ ของแบคทีเรียที่อยู่ตอนล่างของถังกรอง ยกเว้นที่อัตราภาระอินทรีย์ 4.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าที่ระยะ 0.45 ม.ขึ้นไป ค่าซีโอดียังมีแนวโน้มลดต่ำลง เนื่องจากภายในชั้นของตัวกลาง มีส่วนของชั้นตะกอนลอยขึ้นไปติด ทำให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อทำให้ค่าซีโอดีของน้ำเสี่ยลดต่ำลง และค่าซีโอดีภายในถังทุกๆจุดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 5.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงตะกอนโวลตาไท์ลตามระยะความสูงของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 5.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตามระยะความสูงของถังกรองไว้อากาศ ที่อัตรากระแอนทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซัลเฟอร์/ลบ.ม.-วัน

ตารางที่ 5.14 ค่าเฉลี่ยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของถังกรองไว้อากาศ

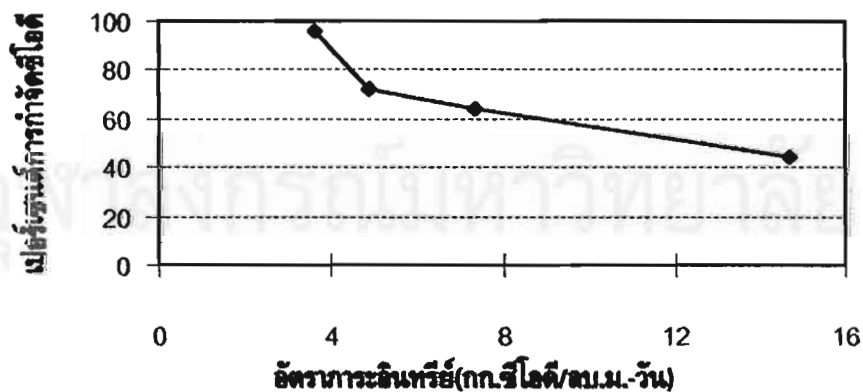
ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตรากระแอนทรีย์ (กก.ซัลเฟอร์/ลบ.ม.-วัน)			
		3.67	4.89	7.33	14.67
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (มก./ล.)	น้ำเข้า	5593	5500	5690	5500
	0.15	2429	2775	3347	3500
	0.45	578	2113	2609	3050
	1.05	424	2000	2385	2963
	1.65	310	1813	2258	2883
	2.25	268	1538	2224	2863
	2.50	238	1510	2189	2813

5.4 วิจัยผลของการทดลอง

5.4.1 อิทธิพลของอัตราการอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าความเข้มข้นซีไอดีคงที่ที่ 5500 มก./ล. และแปรเปลี่ยนค่าอัตราการอินทรีย์ ในรูปของอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าระบบ โดยทำการทดลองที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก. ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ที่อัตราการป้อนน้ำเสีย 7.5 10 15 และ 30 ลิตร/วัน และระยะเวลาเก็บกักน้ำ 36 27 18 และ 9 ชั่วโมงตามลำดับ จากการทดลองมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี 96% 72% 64% และ 44% ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ดังแสดงในตารางที่ 5.9

รูปที่ 5.20 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของถังกรองไร้อากาศ จะเห็นว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ และลดลงของระยะเวลาเก็บกักน้ำ แสดงให้เห็นถึงระบบไม่สามารถที่จะปรับสภาพการรับอัตราการอินทรีย์ที่สูงขึ้นได้ ทั้งนี้สังเกตได้จากกราฟที่ต้องเพิ่มปริมาณด่างในน้ำเสียสังเคราะห์ ที่อัตราการอินทรีย์ 14.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน เพื่อป้องกันการที่ระบบจะเสียสมดุล ถ้าระบบไม่มีกำลังบัฟเฟอร์ที่พอเพียง และปริมาณกรดระเหยง่ายของน้ำทิ้งที่สูงขึ้น เนื่องจากปริมาณสารอาหารที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มอัตราการอินทรีย์ โดยแบคทีเรียสร้างกรดมีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่า ทำให้ปฏิกิริยาการสร้างกรดระเหยง่ายเกิดขึ้นในปริมาณที่สูงกว่าปริมาณที่แบคทีเรียสร้างมีเทนจะนำไปสร้างมีเทน



รูปที่ 5.20 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบ

จากงานวิจัยนี้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ชเรศ พงษ์สารชนันท์กุล, 2540 ซึ่งใช้ถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางเม็ดพลาสติกลอยครึ่งถังด้านบน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำคงที่ 9 ชั่วโมงและแปรเปลี่ยนค่าอัตราการอินทรีย์ตามค่าซีโอดี 825 1650 330 3850 และ 5500 มก./ล. คิดเป็นอัตราการอินทรีย์ 2.2 4.4 8.8 10.26 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 89 77 71 47 และ 33% ตามลำดับ จะเห็นว่าถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางเม็ดพลาสติก มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ก่อนข้างใกล้เคียงกันกับถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน ดังแสดงในตารางที่ 5.15 โดยประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังกรองไร้อากาศที่บำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูง จะตอบสนองโดยตรงกับค่าอัตราการอินทรีย์มากกว่าการแปรเปลี่ยนค่าซีโอดีและระยะเวลาเก็บกักน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ผิวเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ช่องว่างของตัวกลางทั้งสองชนิดพบว่า ตัวกลางเม็ดพลาสติกมีพื้นที่ผิวเฉลี่ย $1410 \text{ ม.}^2/\text{ม.}^3$ ของตัวกลาง เปอร์เซ็นต์ช่องว่าง 40 % ส่วนตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนมีพื้นที่ผิวเฉลี่ย $109 \text{ ม.}^2/\text{ม.}^3$ ของตัวกลาง เปอร์เซ็นต์ช่องว่าง 90 % จากการทดลองพบว่า ที่อัตราการอินทรีย์ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนสูงกว่าถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางเม็ดพลาสติก เพราะการใช้เม็ดพลาสติกเป็นตัวกลางเกิดปัญหาการอุดตันภายในถังกรอง ซึ่งเป็นผลมาจากเปอร์เซ็นต์ช่องว่าง และพื้นที่ผิวเฉลี่ยของตัวกลางที่สูงกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ภายในถังกรองที่ใช้ตัวกลางเม็ดพลาสติกจะมีลักษณะเป็นเมือกเกาะอยู่บนเม็ดพลาสติก ซึ่งแตกต่างกับลักษณะเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังกรองที่ใช้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน โดยมีลักษณะเป็นเม็ดตะกอนอัดแน่นอยู่ด้านล่างของถังกรอง แสดงให้เห็นว่าเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงกว่าตะกอนจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บนตัวกลางเม็ดพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.15 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังกรองใโรอากาศที่มีตัวกลางเม็ดพลาสติกและของถังกรองใโรอากาศที่มีตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน

อัตราภาระอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	
	ถังกรองใโรอากาศที่ใช้ตัว กลางเม็ดพลาสติก (๒เรศ, 2540)	ถังกรองใโรอากาศที่ใช้ตัว กลางพลาสติกโพลีเอทิลีน (งานวิจัยนี้)
2.20	89	-
3.67	-	96
4.40	77	-
4.89	-	72
7.33	-	64
8.80	71	-
10.26	47	-
14.67	33	44

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการทดลอง

5.4.2 ลักษณะการวางตัวกลางและตำแหน่งของชั้นตัวกลางที่มีผลต่อการทำงานของถังกรองใโรอากาศ

จะเห็นได้ว่าส่วนของชั้นตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนที่ลอยครั้งถึง ในถังกรองใโรอากาศ ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ชั้นตะกอนที่อยู่บริเวณด้านล่างถังกรองหลุดออกจากระบบ โดยบริเวณด้านล่างของถังจะเป็นส่วนของชั้นตะกอน มีความสูงประมาณ 55 ซม. ซึ่งทำการวัดก่อนการเริ่มต้นระบบ และหลังจากดำเนินการจนระบบเริ่มผลิตก๊าซชีวภาพแล้ว ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซชีวภาพภายในชั้นตะกอน จนมีปริมาณพอที่จะยกชั้นตะกอนให้ลอยสูงขึ้น เมื่อชั้นตะกอนลอยไปชนบริเวณชั้นตัวกลางด้านบน ซึ่งมีหน้าที่ป้องกันไม่ให้ชั้นตะกอนเกิดการหลุดออกจากระบบ ชั้นตะกอนเหล่านั้นจึงตกลงมาบริเวณด้านล่างถัง จากการทดลองพบว่าที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 และ 4.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีปริมาณเซลล์แบคทีเรีย หลุดออกจากระบบในปริมาณไม่สูงมากนัก แต่ที่อัตราภาระอินทรีย์ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่ามีการหลุดออกของเซลล์แบคทีเรียในปริมาณที่สูง ดังแสดงจากค่าปริมาณตะกอนไพล์ของน้ำทิ้งที่แสดงถึงปริมาณเซลล์แบคทีเรีย

ในระบบ มีค่าเท่ากับ 576 625 948 และ 1099 กก./ล.ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณเซลล์ในระบบลดลง สืบเนื่องจากความสูงของชั้นตะกอนด้านล่างที่ลดลง และพบว่าขณะทำการทดลองมีส่วนของชั้นตะกอนหลุดออกและไหลสู่ที่เก็บก๊าซ ปริมาณหนึ่ง เนื่องมาจากระบบได้รับอัตราการอินทรีย์สูงขึ้น ซึ่งในการทดลองพบว่า ค่าอัตราการอินทรีย์จะแปรผันโดยตรงกับความเร็วไหลขึ้น ดังตารางที่ 5.16 พบว่าค่าความเร็วไหลขึ้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.28 เมตร/ชั่วโมง ที่อัตราการอินทรีย์ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน แสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วไหลขึ้นยังมีค่าไม่สูงมากนัก แต่ขณะทำการทดลองที่อัตราการอินทรีย์ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ระบบผลิตก๊าซในปริมาณที่สูง ดังแสดงในตารางที่ 5.10 ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซชีวภาพในชั้นตะกอนด้านล่าง จึงเป็นสาเหตุทำให้ชั้นตะกอนเหล่านั้นเกิดการหลุดออกจากระบบ อย่างไรก็ตามลักษณะการวางตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนลอยครึ่งถังแบบวางซ้อนกัน ไม่สามารถป้องกันการหลุดออกของเซลล์แบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะที่อัตราการอินทรีย์สูง หรือที่ระยะเวลาพักน้ำที่ต่ำ ซึ่งอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากเกิดการไหลลัดวงจรขึ้นภายในชั้นของตัวกลาง เป็นผลทำให้ระบบไม่สามารถรักษาสสมดุลไว้ได้ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีลดลง ซึ่งผู้วิจัยพบว่าสาเหตุดังกล่าวอาจแก้ไขได้โดยการวางตัวกลางแบบสุ่มแทน และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีน่าจะมิแนวโน้มดีขึ้น

ตารางที่ 5.16 ความเร็วการไหลขึ้น

อัตราการป้อนน้ำเสีย(ลิตร/วัน)	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ความเร็วการไหลขึ้น (เมตร/ชั่วโมง)
30	9	14.67	0.28
15	18	7.33	0.14
10	27	4.89	0.09
7.5	36	3.67	0.07

นอกจากนี้พบว่าบริเวณชั้นตัวกลางในงานวิจัยนี้อาจกล่าวได้ว่าเซลล์แบคทีเรียไม่สามารถเกาะติดอยู่ได้นานในระบบ เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าตะกอนแขวนลอยและค่าตะกอนโวลูไทล์มีค่าลดลงตั้งแต่ระยะ 1.05 ม.จากกันถึง ซึ่งเป็นจุดที่ต่ำกว่าชั้นตัวกลางที่ลอยด้านบนจึงเป็นไปได้ที่เซลล์แบคทีเรียถูกชะออกไป โดย

เฉพาะที่อัตราการอินทรีย์สูงขึ้นความเร็วในการไหลขึ้นก็สูงขึ้นด้วย ประกอบกับเปอร์เซ็นต์ช่องว่างของตัวกลางที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่า 90% และยังจัดวางตัวแบบเรียงกันอีกจึงทำให้ถูกระบายออกไปง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามข้อดีของการใช้พลาสติกโพลีเอทิลีนเป็นตัวกลาง ไม่พบปัญหาการอุดตันภายในระบบ น้ำเสียและก๊าซชีวภาพสามารถระบายออกจากระบบได้ดีซึ่งสามารถแก้ปัญหาอันเกิดจากงานวิจัยของชเรศ พงษ์สาระนันท์กุล, 2540 ที่ใช้ตัวกลางเม็ดพลาสติกลอยน้ำ เป็นตัวกลางซึ่งพบว่ามีปัญหาเรื่องการอุดตันภายในระบบได้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ จิตเทพ ประสิทธิ์อยู่ศิลป์, 2534 ซึ่งใช้ถังกรองไร้อากาศบรรจุโร้วม้วนพลาสติคทำหน้าที่เป็นตัวกลาง ลักษณะครึ่งถังจมน้ำบาดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ มีค่าซีโอดีเฉลี่ย 147 มก./ล. ตัวกลางดังกล่าวมีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างของตัวกลาง 93% แปรเปลี่ยนค่าอัตราการอินทรีย์ตามระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12 24 48 และ 78 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี 61 71 72 และ 74 % ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าลักษณะการวางตัวกลางครึ่งถังจมน้ำมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีความเข้มข้นต่ำ อย่างไรก็ตามลักษณะการวางตัวกลาง ในลักษณะครึ่งถังจมน้ำไม่พบปัญหาการฟุ้งกระจายและหลุดออกของตะกอนแบคทีเรียมากนัก ซึ่งเป็นผลมาจากความเข้มข้นซีโอดีของน้ำเข้าไม่สูงมากนัก แต่ถ้านำมาบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงอาจเกิดปัญหาการหลุดออกของตะกอนแบคทีเรียได้ เนื่องจากไม่มีส่วนของชั้นตัวกลางด้านบน ป้องกันการหลุดออกของตะกอนแบคทีเรีย

5.4.3 ลักษณะเซลล์แบคทีเรียในถังกรองไร้อากาศ

เซลล์แบคทีเรียภายในถังกรองไร้อากาศ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นเม็ดตะกอน อยู่รวมกันเป็นชั้นตะกอนบริเวณด้านล่างของถังและมีบางส่วนเกาะอยู่ในส่วนของชั้นตัวกลางที่ลอยอยู่ด้านบนรูปที่ 5.21 แสดงลักษณะทั่วไปของชั้นตะกอนภายในถังกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และรูปที่ 5.22 แสดงลักษณะทั่วไปของชั้นตะกอนภายในถังกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จากรูปแสดงให้เห็นความแตกต่างของสีเม็ดตะกอนซึ่งมีลักษณะเหมือนเม็ดตะกอนในระบบยูเอเอสบี และจากการทดลองพบว่าเซลล์แบคทีเรียภายในถังกรองที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ยังมีลักษณะที่ไม่เป็นเม็ดตะกอนเกือบทั้งหมดโดยจะมีเพียงด้านล่างถึงเท่านั้นที่เริ่มเกิดเป็นเม็ดตะกอน เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แบคทีเรียภายในถังกรองที่อัตราการอินทรีย์ 4.89 7.33 และ 14.67

กท.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่ามีลักษณะเป็นเม็ดตะกอนทั้งหมดโดยสีของเม็ดตะกอนมีสีเปลี่ยนจากสีดำเป็นสีน้ำตาลและสีเทาอ่อนเมื่อทำการเพิ่มอัตราภาวะอินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kennedy และคณะ, 1989 ได้ใช้ถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งมีค่าอัตราภาวะอินทรีย์ 3.3-16.6 กท.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ได้แสดงภาพถ่ายลักษณะเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ พบว่าขนาดเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จะมีขนาดเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเร็วการไหลขึ้นและอัตราภาวะอินทรีย์สูงขึ้นโดยขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์มีขนาดเล็กสุดที่ความเร็วการไหลขึ้น 2.2 เมตร/ชั่วโมงและมีขนาดใหญ่สุดที่ความเร็วการไหลขึ้น 67.9 เมตร/ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าตะกอนจุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีการจมตัวที่ดีกว่าตะกอนจุลินทรีย์ที่มีขนาดและเมื่อนำเม็ดตะกอนไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning electron microscopy) ดังแสดงในรูปที่ 5.23 แสดงลักษณะผิวนอกของเม็ดตะกอนแสดงให้เห็นว่า ตะกอนแบคทีเรียมีลักษณะเป็นเม็ดตะกอนซึ่งมีลักษณะเหมือนเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดในระบบยูเอเอสบี รูปที่ 5.24 แสดงลักษณะภายในของเม็ดตะกอนที่ได้ทำการผ่าตามขวางมีลักษณะอัดกันแน่น ทำให้เซลล์แบคทีเรียมีการจมตัวที่ดี ส่วนเซลล์แบคทีเรียที่เกาะอยู่ในชั้นตัวกลางมีลักษณะเป็นปุยสีดำ มีการจมตัวที่ไม่ดีนักและภายในชั้นตัวกลางด้านบนมีปริมาณตะกอนโวลไทล์ต่อตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนที่อัตราภาวะอินทรีย์ 4.89 และ 14.67 กท.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 1620 และ 4116 มก./ล./พื้นที่ผิวตัวกลาง ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง จ.1 ในภาคผนวก จ. แสดงให้เห็นว่าที่อัตราภาวะอินทรีย์ 14.67 กท.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีการสะสมของเซลล์แบคทีเรียที่มีชีวิต (Active Biomass) ภายในชั้นตัวกลาง ในปริมาณที่สูงกว่าที่อัตราภาวะอินทรีย์ 4.89 กท.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งเป็นผลมาจากการหลุดออกของเซลล์แบคทีเรียไหลออกจากระบบ รูปที่ 5.25 เป็นรูปขยายเซลล์แบคทีเรียบริเวณด้านล่างของถังกรองไร้อากาศประกอบด้วยกลุ่มแบคทีเรียจำนวนมากมาเกาะอยู่รวมกัน พบว่าเป็นแบคทีเรียพวกเส้นใย (filamentous) แบคทีเรียทรงกลม (coccus) และแบคทีเรียเป็นแท่ง (rod) อยู่ปะปนกัน ซึ่งรูปขยายเซลล์แบคทีเรียมีลักษณะเช่นเดียวกันกับภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนของเซลล์แบคทีเรียในถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริด (Kwong และ Famg, 1996) ซึ่งทำการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงจากโรงงานแปรงขัดไม้โดยเซลล์แบคทีเรียที่ตรวจพบเป็นกลุ่มแบคทีเรียหลายชนิดปะปนกันเช่นแบคทีเรียพวกเส้นใย (filamentous) แบคทีเรียทรงกลม (coccus) และแบคทีเรียเป็นแท่ง (rod)



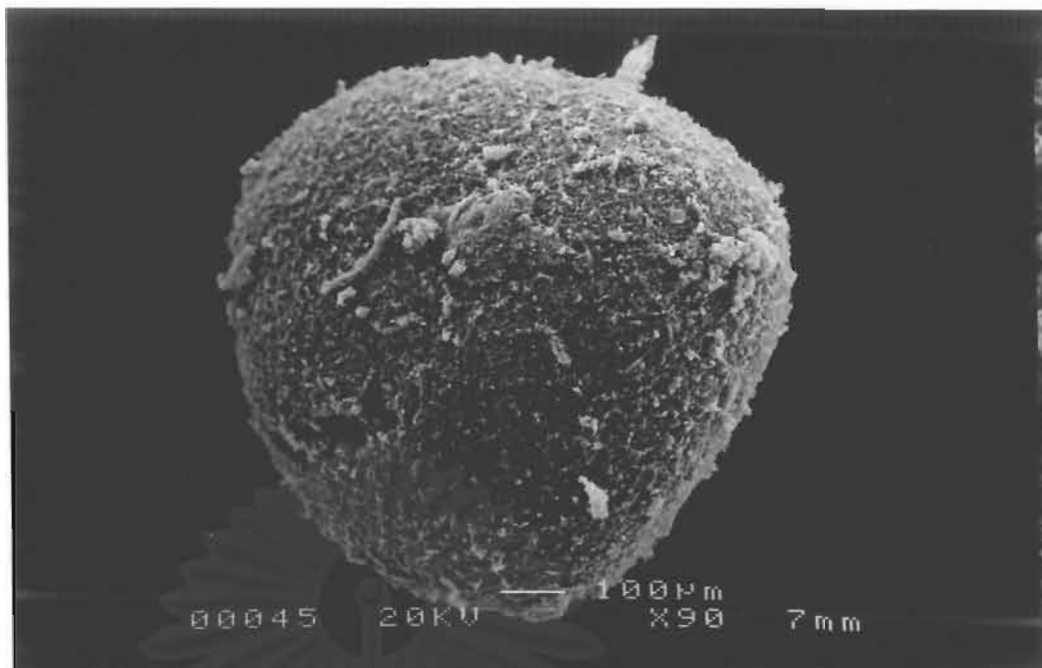
รูปที่ 5.21 ลักษณะทั่วไปของชั้นตะกอนภายในถังกรองไว้อากาศ
ที่อัตราการอินทรีย์ 3.67 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน

สถาบันวิจัยและพัฒนา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

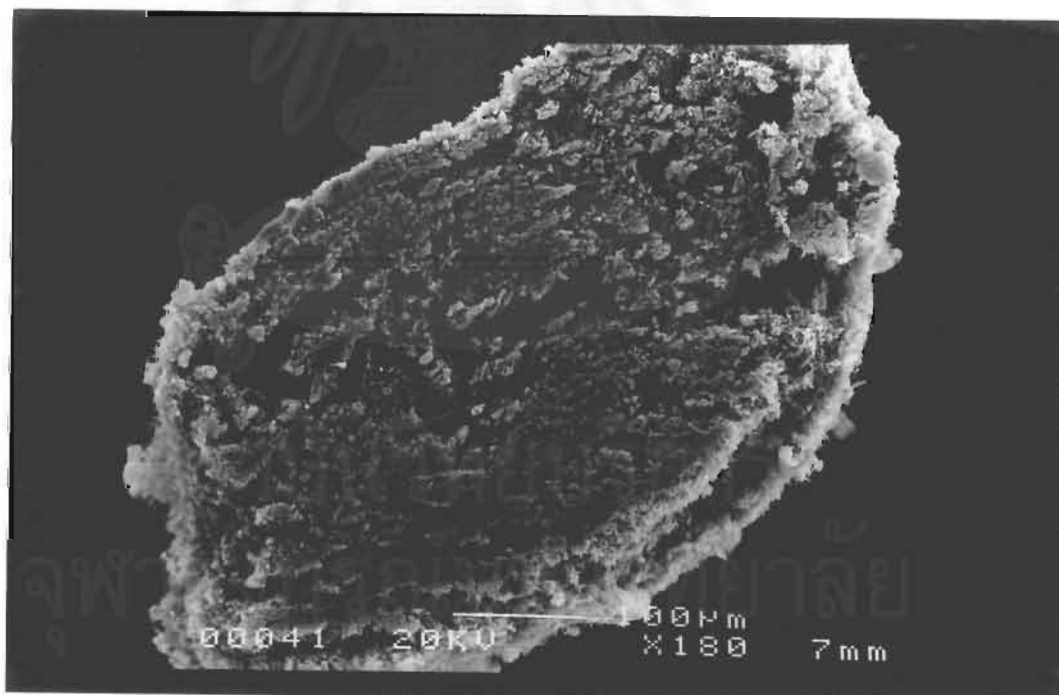


รูปที่ 5.22 ลักษณะหัวไปของชิ้นตะกั่วภายในถังกรองไว้อากาศ
ที่อัตราการอินทรีย์ 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

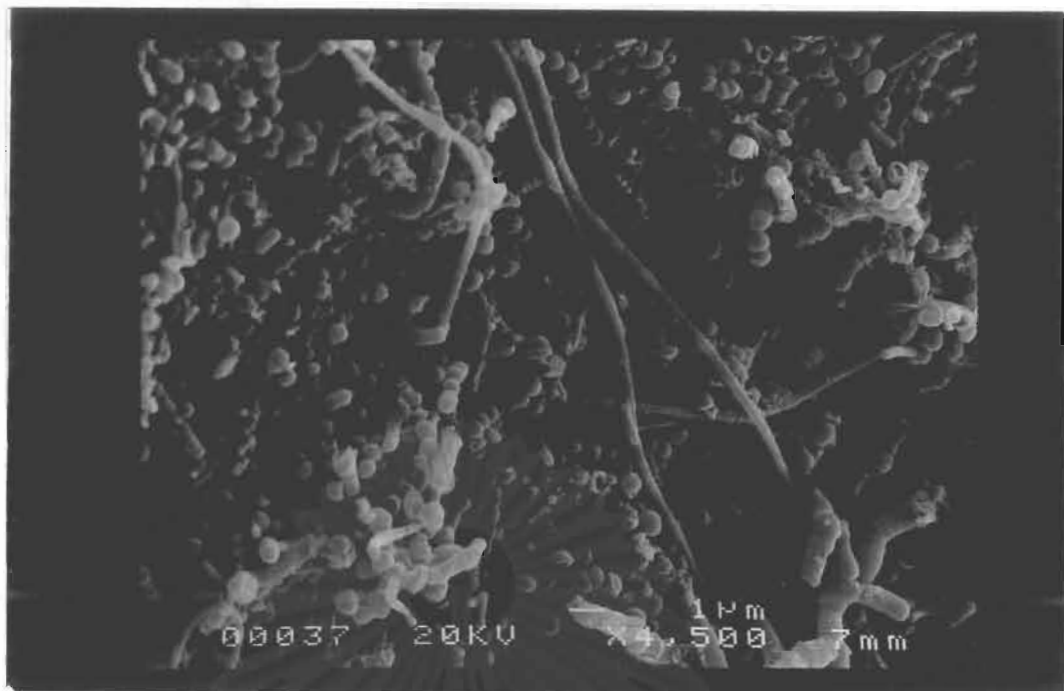
สถาบันวิจัยและพัฒนา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.23 แสดงลักษณะผิวหน้าของเม็ดตะกอนจากถังกรองไร้อากาศ
ที่อัตราภาระอินทรีย์ 4.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน กำลังขยาย 90 เท่า



รูปที่ 5.24 แสดงลักษณะภายในของเม็ดตะกอนที่ได้ทำการผ่าตามขวาง
ที่อัตรา ภาระอินทรีย์ 4.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน กำลังขยาย 180 เท่า



รูปที่ 5.25 เป็นรูปขยายเซลล์แบบที่เรียกว่าในดั่งกรองไร่อากาศ
ที่อัตราการอินทรีย์ 4.8 กก.ซีโอต์/ลบ.ม.-วัน กำลังขยาย 4,500 เท่า

5.4.4 ลักษณะการทำงานของดั่งกรองไร่อากาศชนิดไฮบริด

จากการทดลองครั้งนี้พบว่า ในครั้งแรกของการทดลองผู้ทำการวิจัยได้เรียกระบบที่ทำการวิจัยว่า ดั่งกรองไร่อากาศ ซึ่งภายในบรรจุตัวกลางลอยครึ่งถังบน หลังจากทำการเริ่มเดินระบบ และระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 5 เดือนพบว่า ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในถังมีลักษณะเป็นเม็ดตะกอนดังแสดงในรูปที่ 5.22 มีลักษณะเหมือนเม็ดตะกอนในระบบยูเอเอสบี โดยเชื้อตะกอนจะอยู่บริเวณด้านล่างถัง เนื่องจากขณะทำการเริ่มเดินระบบ ได้ใช้เชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากระบบยูเอเอสบีมาใช้ในการเริ่มเดินระบบ มีลักษณะแตกต่างจากระบบดั่งกรองไร่อากาศที่ใช้ตัวกลางเม็ดพลาสติกกลอยน้ำเป็นตัวกลาง จากงานวิจัยของ ธเรศ พงษ์สุวรรณนท์กุล, 2540 ซึ่งใช้เชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากระบบยูเอเอสบีมาใช้ในการเริ่มเดินระบบเช่นเดียวกันแต่พบว่าเซลล์แบบที่เรียส่วนใหญ่จะอยู่ภายในบริเวณชั้นตัวกลางทั้งเกาะติดกับตัวกลางและอยู่ระหว่างเม็ดพลาสติกที่ใช้เป็นตัวกลาง โดยมีบางส่วนเท่านั้นที่รวมตัวกันและตกลงด้านล่างถึง แต่อย่างไรก็ตาม

ลักษณะของเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ของถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางเม็ดพลาสติกกลอยน้ำเป็นตัวกลางในส่วนที่อยู่ด้านล่างถังจะมีลักษณะเป็นฟูและเมือกสีเทา ซึ่งแตกต่างจากลักษณะของเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ของงานวิจัยนี้ที่มีลักษณะเป็นเม็ดตะกอน ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงเรียกชื่อระบบว่าถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริด ซึ่งมีการทำงานแบบผสมระหว่าง ระบบยูเอเอสบีและถังกรองไร้อากาศ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ ส่วนของชั้นตะกอนด้านล่างของถังกรอง ซึ่งมีลักษณะของเชื้อตะกอนจุลินทรีย์แบบยูเอเอสบีกล่าวคือมีลักษณะเป็นเม็ดตะกอนเกาะอยู่รวมกันและมีการจมตัวที่ดี ส่วนที่สองคือชั้นตัวกลางที่ลอยด้านบนซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการหลุดของเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณด้านล่างของถังกรองออกจากระบบ นอกจากนี้ยังพบว่าหน้าที่การกำจัดซีโอดีส่วนใหญ่เกิดที่บริเวณตะกอนจุลินทรีย์ด้านล่างดังแสดงในรูปที่ 5.19 พบว่าหลังจากระยะ 0.45 ม. ขึ้นไปจากกันถัง พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษา การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดที่ใช้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน วางเรียงซ้อนกันครึ่งถังด้านบนใช้ถังกรองไร้อากาศจำนวน 2 ชุด ซึ่งทำด้วยพีวีซีใส รูปทรงกระบอกสูง 2.80 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.07 เมตร ภายในบรรจุตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มม. สูง 22 มม. เปอร์เซนต์ช่องว่าง 90% และมีพื้นที่ผิว $109 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ของตัวกลางซึ่งลอยครึ่งถังตอนบนของถังกรอง โดยมีความสูงของชั้นตัวกลางเท่ากับ 1.25 เมตร การป้อนน้ำเสียเป็นแบบไหลขึ้น น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองมีค่าซีโอดี 5500 มก./ล. ซึ่งตัวแปรอิสระที่แปรเปลี่ยนในรูปของอัตราการป้อนน้ำเสียเท่ากับ 7.5 10 15 และ 30 ลิตร/วัน คิดเป็นอัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ได้ผลสรุปดังนี้

1. ถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดที่ใช้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงสุดเท่ากับ 96% มีค่าเฉลี่ยซีโอดิน้ำทิ้งเท่ากับ 258 มก./ล. ที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีระยะเวลาเก็บกัก 36 ชั่วโมง และเมื่อทำการเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ โดยการลดระยะเวลาเก็บกักน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังกรองไร้อากาศลดลง และเมื่อพิจารณาค่าปริมาณตะกอนไเวลาไหลที่ออกจากรัง น้ำทิ้ง พบว่าที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีปริมาณตะกอนไเวลาไหลในน้ำทิ้งน้อยที่สุด ดังนั้นในการเลือกใช้ถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริด ที่มีตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน ควรเลือกค่าอัตราภาระอินทรีย์ที่ 3.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน หรือที่ระยะเวลาเก็บกัก 36 ชั่วโมง ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีและปริมาณตะกอนไเวลาไหลสูงสุด

2. ตัวกลางที่ใช้ในการทดลองนี้เป็น ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน ที่วางเรียงซ้อนกันในลักษณะลอยครึ่งถัง ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เซลล์แบคทีเรียหลุดออกจากระบบ อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 และ 7.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ไม่พบว่ามีกาวหลุดออกของเซลล์แบคทีเรีย แต่ที่อัตราภาระอินทรีย์ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนไม่สามารถป้องกันการหลุดออกของเซลล์ภายในระบบได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน ไม่พบปัญหาการอุดตันของระบบ และจากการทดลองพบว่า ในช่วงบริเวณชั้นตัวกลางด้านบนมีการลดค่าซีไอดีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณด้านล่างที่ไม่มีตัวกลาง มีการลดค่าซีไอดีมากกว่า

3. ลักษณะของเซลล์แบคทีเรียในถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริด เป็นเม็ดตะกอนอัดแน่นสีน้ำตาลรวมกันเป็นชั้นสัจด์ด้านล่างถัง ซึ่งเป็นลักษณะของเซลล์แบคทีเรียในระบบยูเอเอสบี โดยที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 4.89 และ 7.33 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีสูงสุดและเซลล์แบคทีเรียมีการจมตัวที่ดี ยกเว้นที่อัตราภาระอินทรีย์ 14.75 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งมีเซลล์แบคทีเรียเริ่มหลุดออกจากถังกรองในปริมาณที่สูงขึ้น เนื่องจากอัตราการป้อนน้ำเสียสูงขึ้น (30 ลิตร/วัน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

7.1 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากการวิจัยพบว่า การทดลองสามารถมีประเด็นที่น่าสนใจสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไปดังนี้คือ

1. ทดลองใช้น้ำเสียที่มีค่าซีไอดี 5500 มก./ล. และทดลองใช้อัตราการะอินทรีย์ 3.67 และ 4.89 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูง โดยทำการแปรเปลี่ยนตัวแปรในการศึกษาดังต่อไปนี้
 - 1.1 น้ำเสียจริง จากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ
 - 1.2 ชนิดของตัวกลางพลาสติกอื่นๆ ที่มีในท้องตลาด
 - 1.3 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และ การลดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย

2. ทำการเปลี่ยนลักษณะการวางตัวกลางภายในถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริด เป็นการวางแบบส้อม โดยใช้ตัวกลางลอยครึ่งถังบน และเก็บค่าตัวแปรที่วิเคราะห์ผลทดลองตามระยะความสูงของถัง เพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงานของระบบและการหน้าที่การทำงานของตัวกลางภายในถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดโดยทำการแปรเปลี่ยนตัวแปรในการศึกษาดังต่อไปนี้
 - 1.1 น้ำเสียจริง จากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ
 - 1.2 ชนิดของตัวกลางพลาสติกอื่นๆ ที่มีในท้องตลาด
 - 1.3 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และ การลดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย

3. ทำการเปลี่ยนขนาดถังโดยการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดให้สูงขึ้น ทดลองกับ น้ำเสียที่มีค่าซีไอดี 5500 มก./ล. และทดลองใช้อัตราการะอินทรีย์ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67

กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-วัน เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงภาระทางชลศาสตร์ (Hydraulic Loading) โดยทำการแปรเปลี่ยนตัวแปรในการศึกษาดังต่อไปนี้

- 3.1 น้ำเสียจริง จากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ
- 3.2 ชนิดของตัวกลางพลาสติกอื่นๆ ที่มีในท้องตลาด
- 3.3 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติ และ การลดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กิติพงษ์ ชนทานติ. กระบวนการตะกอนแร่แบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตปป์ไลเซชัน.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
- กิตติศักดิ์ ต้นชนะชัย. การให้ยูเอเอสบีในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง.
โครงร่างวิทยานิพนธ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, หน้า 272-302, 2527.
- จิตเทพ ประสิทธิ์อยู่ศิลป์. ประสิทธิภาพการกำจัดไดโอฟอรัมแบคทีเรียในน้ำเสียจากถัง
เกรอะโดยใช้เครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางครึ่งถังจม. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2534.
- จินต์ อโดทัย. คุณภาพของน้ำทิ้งจากถังเกรอะและกรองไร้อากาศสำเร็จรูปชนิดประกอบ.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.
- เจษฎา ศรีศึก. ผลของความลึกและตำแหน่งของชั้นตัวกลางต่อสมรรถนะของเครื่องกรอง
ไร้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิต
วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.
- ณรงค์ศักดิ์ ชิตัญญานนท์. ผลกระทบของอิออนนิกเกิลและโคบอลต์ต่อการทำงานของ
เอเอสบี. โครงร่างวิทยานิพนธ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- ทวีชัย ชีระเศรษฐนันท์. การให้ยูเอเอสบีบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อกรดแบบไร้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- ชเรศ พงษ์สาระนันท์กุล. การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางพลาสติก
ลอยน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- นราธิป กิจจาธิป. การจำลองกระบวนการคอนแทกต์สเตปป์ไลเซชันแบบไร้อากาศ. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2535.

- เนตรนภา ศรีสุวรรณพงศ์. การได้ยูเอเอสบีแอมมีถึงสร้างกรดในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีแอมโมเนียสูง. โดรงร่างวิทยานิพนธ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- บุญส่ง ไช้เกษ. การใช้เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค เพื่อกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานฝักดองกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519.
- บุญสิน สุภักค์วงศ์. การใช้ถังกรองไร้อากาศทำความสะอาดน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521.
- ประสงค์สุข ตรีพรชัยศักดิ์. กระบวนการคอนแทคท์สเตปป์ไลเซชันแบบแอนแอโรบิค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
- มันลิน ตันจุลเวศม์. การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไร้ออกซิเจน. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการสูขานิบาลและสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- เรืองชัย เจียมภาพร. การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเติมถังและครึ่งถัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.
- โรมรัน ศรีสัมฤทธิ์. การศึกษาเบื้องต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเครื่องกรองไร้ออกซิเจน ที่ใช้สารอินทรีย์วัสดุเป็นตัวกลาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.
- ลัดดา สาครมณีรัตน์. การกำจัดน้ำเสียที่มีพีเอชต่ำด้วยปอหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.
- ศักดิ์ชัย โอภาสวัฒน์ชัย. การย่อยสลายและการผลิตก๊าซชีวภาพของขยะแบบไร้ออกซิเจน โดยแบคทีเรียชอบความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.
- สมศักดิ์ ตั้งตระกูล. การกำจัดน้ำเสียจากส้วมโดยวิธีแอนแอโรบิคคอนแทคท์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2522.
- โสภา ชินเวชกิจวานิชย์. การลดสีรีแอกทีฟในน้ำเสียภายใต้สภาวะไร้อากาศด้วยระบบยูเอเอสบี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

อรรถกฤษ์ รื่นรังใจ. บทบาทของสารให้อิเลคตรอนที่มีต่อการบำบัดน้ำเสียที่มีลิเอโทรอิเล็กทิกฟด้วยระบบไร้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ภาษาอังกฤษ

- Athanasopoulos N. , Kouinis J. and Papadimitriou A. "A note on anaerobic treatment of currant finishing wastewater in downflow anaerobic filter and the effect of media design on their performance" Biological Wastes 32:91-97, 1990.
- Allaoui K. and Forster C.F. "An examination of different support media in relation to the start-up anaerobic expanded bed reactors" Environmental Technology 15:887-894, 1994.
- Bitton G. "Wastewater microbiology" New York, USA, Wiley-Liss Inc., 1994.
- Borja R. and Banks C.J. "Comparison of an anaerobic filter and an anaerobic fluidized-bed reactor treating palm oil mill effluent" Process Biochemistry 30: 511-521, 1995.
- Cayless S. M., Motta Marques D. M. L. and Lester J. n. "The effect of transition loading, ph and temperature shocks on anaerobic filters and fluidise beds" Enviromental Technology Letters: 10:951-968, 1989.
- Harper S. R., Ross C. C. and Poland F. G. "Pretreatment of poultry processing wastewater in a pilot-scale anaerobic filter" Waste Science and Technology 22(9), 9-16, 1990.
- Hawkes FR. , Donnelly T. and Anderson GK. "Comparative performance of anaerobic digesters operating on ice-cream waste-water" Water Research 29:525-533, 1995.
- Heinrichs D. M., Poggi-Varaldo H. M. and Oleszkiewicz J. A. "Effects of ammonia on anaerobic digestion of simple organic substrates" Journal of Environmental Engineering 4:698-710, 1990.
- Kennedy K. J., Gorur S. S., Elliott C. A., Andras E. and Guiot S. R. "Media effects on performance of anaerobic hybrid reactors" Water Research 23(11):1397-1405, 1989

- Kuroda M. and Sakakibara Y. "Evaluation of cod removal performance based on organic acid decomposition in an anaerobic fixed bed reactor." Wat.Sci.Tech. 22(5):111-121, 1991.
- Kwong T. S. and Fang H. H. P. "Anaerobic degradation of comstarch in wastewater in two upflow reactor" Journal of Enviromental Engineering 122:9-17, 1996.
- Malina JF. and Poland FG. "Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes" Technomic Publishing Company, USA 1992.
- McCarty P.L. "Anaerobic waste treatment fundamental" Public Work, Texas, 897 p., 1964.
- Mendez R. , Lema JM. and Soto M. "Treatment of seafood-processing wastewatersin mesophilic and thermophilic anaerobic filters" Water Environmental Research 67(1):33-45, 1995.
- Metcalf and Eddy. "Wastewater engineering treatment, disposal and reuse 3rd-ed, McGraw.Hill Book Company Inc., Singapore, 1334p., 1991.
- Miyahara T. and Noike T. "Behavior of suspended solids and anaerobic bacteria in an anaerobic fixed bed reactor" Wat. Sci. Tech. 30(12):75-86, 1994.
- Mueller J.A. and Mancini J.G. "Anaerobic filter kinetics and application" , 20th PIWC, Ann Arbor Science, 1977.
- Oleszkiewicz J.A. "Effects of biofilter media on the performance of anaerobic hybrid reactors" Environmental Technology Letters, Vol 9(2), 1988.
- Oleszkiewicz J.A., Hall E.R. and Oziemblo J. Z. "Performance of laboratory anaerobic hybrid reactors with varying depths of media" Enviromental Technology Letter 7:445-452, 1986.
- Racault Y. "Treatment of distillery wastewater using an anaerobic downflow stationary fixed-film reactor: Performance of a large plant in operation for four years" Wat.Sci.Tech. 22(1/2):361-372, 1990.
- Rintala J. "High-rate anaerobic treatment of industrial wastewaters" Wat.Sci.Tech. 24(1):69-74, 1991.
- Rintala J. and Lettinga G. "Effects of temperature elevation from 37 to 55 °C on anaerobic treatment of sulphate rich acidified wastewater" Environmental Technology 13:801-812, 1992.

Song K. H. and Young J.C. "Media design factor for fixed-bed anaerobic filter"
Journal Water Pollution Control Federation 58:115-121, 1986.

Tait S.J. and Friedman A.A. "Anaerobic rotating biological contactor for
carbonaceous wastewaters", J.WPCE, 52, 8, pp.2257-2269, 1980.

Viraraghavan T. and Varadarajan R. "Kinetics of anaerobic filter treatment of
wastewaters" Journal of Environmental Science and Health Part a
Environmental Science and Engineering & Toxic and Hazardous Substance
control, Vol 30, Iss 7, pp 1523-1542, 1995.

Young J. C. and Young H. W. "Full-scale treatment of chemical process wastes
using anaerobic filters" Reserch Journal of the water Pollution Control
Federation 63(2):153-159, 1991.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.1 ผลการทดลองของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		Inf	eff		Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff		
1	25 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	
2	26 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	
3	27 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	
4	28 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	29 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	30 ธ.ค. 40	-	-	-	100	70	120	220	-	-	-	-	5.90	6.65	-	-	-	-	-	
7	31 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	
8	1 ม.ค. 41	-	-	-	80	105	145	290	-	-	-	-	6.25	6.55	-	-200	28.8	29.2	1.7	
9	2 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	
10	3 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	
11	4 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	
12	5 ม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	
13	6 ม.ค. 41	880	160	82	185	110	150	295	-	-	-	-	6.35	6.57	-	-209	27.7	27.9	1.2	
14	7 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	
15	8 ม.ค. 41	1534	80	95	105	100	195	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7	
16	9 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	
17	10 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8	
18	11 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	
19	12 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	
20	13 ม.ค. 41	1484	150	90	100	185	190	400	-	-	-	-	6.13	6.72	-	-188	-	29.2	1.7	

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.1(ต่อ)

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
21	14 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	-
22	15 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	-
23	16 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	-
24	17 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.9	-
25	18 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	-
26	19 ม.ค. 41	1544	190	88	140	185	270	535	-	-	-	-	6.37	6.81	-	-207	28.3	28.5	1.7	-
27	20 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7	-
28	21 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.3	-
29	22 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.3	-
30	23 ม.ค. 41	1976	80	96	170	150	-	540	9.89	109	12	65	7.36	6.78	-	-232	29.3	29.6	2.5	-
31	24 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.2	-
32	25 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	-
33	26 ม.ค. 41	-	-	-	150	190	320	610	-	72	-	52	6.98	6.86	-	-221	28.5	28.3	1.7	-
34	27 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	-
35	28 ม.ค. 41	2540	180	93	190	250	620	660	-	129	-	75	6.73	6.77	-	-241	29.4	29.5	2.1	-
36	29 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	30 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	31 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	1 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	2 ก.พ. 41	3120	236	92	230	250	710	765	9	335	26	122	7.65	7.80	-	-228	29.0	29.5	-	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.1(ต่อ)

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
41	3 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.4	-
42	4 ก.พ. 41	3540	442	88	230	310	820	820	19	341	18	258	7.75	6.80	-	-251	28.8	29.4	7.1	-
43	5 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.1	-
44	6 ก.พ. 41	3980	570	86	400	380	960	880	-	-	-	-	7.62	6.75	-	-262	29.1	29.4	7.6	-
45	7 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.8	-
46	8 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6	-
47	9 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.9	-
48	10 ก.พ. 41	4150	232	94	280	360	920	1060	17	222	24	150	7.51	6.81	-	-265	29.5	29.4	8.8	-
49	11 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.4	-
50	12 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2	-
51	13 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-
52	14 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	-
53	15 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	-
54	16 ก.พ. 41	3920	200	95	260	360	960	1090	-	196	-	121	7.68	6.86	-	-258	29.7	29.7	9.2	-
55	17 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2	-
56	18 ก.พ. 41	4260	320	92	270	340	1050	1200	14	419	-	243	7.53	6.98	-	-271	30.2	30.1	9.6	-
57	19 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-
58	20 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2	-
59	21 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-
60	22 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.9	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.1(ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
61	23 ก.พ. 41	4250	196	95	-	-	-	-	25	762	38	480	-	-	-	-	-	-	8.4	-
62	24 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.9	-
63	25 ก.พ. 41	4327	221	95	320	390	-	-	8	330	58	140	7.69	6.95	-	-317	30.6	30.3	8.4	-
64	26 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2	-
65	27 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.3	-
66	28 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
67	1 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	-
68	2 มี.ค. 41	5523	253	95	270	530	1150	1350	5.16	578	24	400	7.65	6.96	-	-336	30	30.2	10.5	-
69	3 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
70	4 มี.ค. 41	5538	221	96	290	310	1200	1350	19	788	23	464	7.72	7.00	-	-320	30.2	28.9	9.3	-
71	5 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	6 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
73	7 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	8 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	9 มี.ค. 41	5391	243	95	230	350	1160	1380	16	791	6	483	7.84	7.03	-	-326	39.6	29.3	9.6	-
76	10 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.3	-
77	11 มี.ค. 41	5410	341	94	310	410	1210	1400	-	-	-	-	7.70	7.06	-	-330	-	-	10	-
78	12 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	-
79	13 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.9	-
80	14 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.1(ต่อ)

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		Inf	eff		Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff		
81	15 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-
82	16 มี.ค. 41	5373	-	-	280	360	1130	-	-	-	20	459	7.70	7.04	-	-	-	-	6.3	-
83	17 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.4	-
84	18 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-
85	19 มี.ค. 41	5886	196	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	-
86	20 มี.ค. 41	5769	307	95	300	380	1280	1290	-	-	-	-	7.78	7.00	-	-	30.4	30.6	7.9	-
87	21 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2	-
88	22 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	-
89	23 มี.ค. 41	5733	280	95	330	460	1210	1410	-	-	-	-	7.72	6.95	-	-	30.4	30.5	8.4	-
90	24 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.9	-
91	25 มี.ค. 41	5624	114	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.5	-
92	26 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-
93	27 มี.ค. 41	5530	305	94	310	420	1260	1340	-	580	-	430	7.72	7.06	-	-	30.9	30.9	7.5	-
94	28 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95	29 มี.ค. 41	5812	168	97	340	390	1210	1430	-	550	-	420	-	-	-	-	-	-	-	-
96	30 มี.ค. 41	5894	308	95	290	390	1230	1490	-	500	-	330	7.80	7.08	-	-	60.8	31	7.1	-
97	31 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	-
98	1 เม.ย. 41	5532	108	98	290	380	1230	1490	-	588	-	426	7.74	7.24	-	-	30.6	30.8	7.9	-
99	2 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-
100	3 เม.ย. 41	5420	193	96	310	420	1310	1490	-	-	-	-	7.69	7.14	-	-	31.6	31.4	8.4	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.1(ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		Inf	eff		Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff		
101	4 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	-
102	5 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.9	-
103	6 เม.ย. 41	5760	140	98	340	410	1280	1450	-	605	-	457	7.70	7.14	-	-	31.0	31.0	9.6	-
104	7 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2	-
105	8 เม.ย. 41	5420	193	96	310	320	1240	1440	-	537	-	395	7.80	7.50	-	-326	31	31.5	9.2	-
106	9 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	-
107	10 เม.ย. 41	5665	170	97	350	380	1230	1510	-	610	-	470	7.80	7.26	-	-310	30.7	31	8.8	-
108	11 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.4	-
109	12 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-
110	13 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2	-
111	14 เม.ย. 41	5620	540	90	310	400	1270	1340	-	4207	-	2484	7.72	7.15	-	-320	31.3	31.8	9.6	-
112	15 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	-
113	16 เม.ย. 41	5610	348	94	340	420	1220	1430	-	938	-	652	7.61	7.10	-	-313	32.0	32.1	7.9	-
114	17 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-
115	18 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	-
116	19 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.9	-
117	20 เม.ย. 41	5638	215	96	360	450	1210	1380	-	852	-	605	7.56	6.97	-	-310	30.2	30.8	8.8	-
118	21 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6	-
119	22 เม.ย. 41	5612	320	94	370	410	1260	1350	-	870	-	595	7.52	7.05	-	-310	30.6	30.7	8.4	-
120	23 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.6	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.1(ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
121	24 เม.ย. 41	5700	206	96	340	450	1210	1510	-	577	-	466	7.58	7.04	-	-308	30.7	30.7	9.2	-
122	25 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2	-
123	26 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.8	-
124	27 เม.ย. 41	5680	171	97	320	480	1160	1460	-	570	-	457	7.60	7.00	-	-315	31.2	31.1	7.9	-
125	28 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2	-
126	29 เม.ย. 41	5812	168	97	340	390	1210	1430	-	550	-	420	7.56	7.04	-	-322	31.4	32.1	10	-
127	30 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.5	-
128	1 พ.ค. 41	5800	434	93	340	450	1160	1470	-	-	-	-	7.55	6.99	-	-315	31	31.3	10	-
129	2 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.8	-
130	3 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
131	4 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.2	-
132	5 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.5	-
133	6 พ.ค. 41	5790	320	94	430	550	1240	1530	-	400	-	430	7.5	6.92	-	-310	31.2	32.1	10.4	-
134	7 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.5	-
135	8 พ.ค. 41	5400	273	95	360	510	1190	1460	-	450	-	428	7.6	6.92	-	-319	31.5	31	11	-
136	9 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.3	-
137	10 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.2	-
138	11 พ.ค. 41	5800	299	95	360	420	1190	1450	-	442	-	430	7.5	6.94	-	-324	31.5	30.3	10.2	-
139	12 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.4	-
140	13 พ.ค. 41	5860	180	97	310	490	1130	1480	-	-	-	-	7.54	7.02	-	-310	30.5	30.5	10.4	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.1(ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
141	14 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.8	-
142	15 พ.ค. 41	5800	184	97	310	380	1140	1390	-	525	-	508	7.51	6.98	-	-315	31.8	31.7	10	-
143	16 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.2	58
144	17 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.8	58
145	18 พ.ค. 41	5800		100	310	460	1130	1410	-	807	-	669	7.51	6.98	-	-312	29.6	29.8	10.2	56
146	19 พ.ค. 41	5800	481	92	350	510	1190	1410	-		-		7.54	6.94	-	-314	29.7	29.6	10.2	59
147	20 พ.ค. 41	5881	345	94	350	490	1150	1380	-	494	-		7.65	6.97	-	-313	30.2	30.1	10.4	57
148	21 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.4	56

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.2 ผลการทดลองของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 4.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		Inf	eff		Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff		
1	1 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.12	-
2	2 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.80	-
3	3 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.50	-
4	4 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.15	-
5	5 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.80	-
6	6 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.10	-
7	7 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.10	-
8	8 ต.ค. 41	4540	1250	72.47	390	570	1320	1530	-	-	-	-	7.59	6.92	-	-	28.5	28.8	13.44	-
9	9 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.70	-
10	10 ต.ค. 41	4540	1134	75.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.12	-
11	11 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.44	-
12	12 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.02	-
13	13 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.28	-
14	14 ต.ค. 41	-	-	-	330	650	1140	1370	-	-	-	-	7.53	6.78	-	-300	29.0	29.3	14.70	-
15	15 ต.ค. 41	5125	2280	55.51	450	600	1360	1320	-	-	-	-	7.62	6.85	-	-295	28.3	27.4	15.12	-
16	16 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.54	-
17	17 ต.ค. 41	5044	1545	69.37	320	620	1240	1280	-	-	-	-	7.57	6.82	-	-315	29.9	30.1	14.28	-
18	18 ต.ค. 41	-	-	-	-	690	-	1460	-	-	-	-	-	6.72	-	-	-	-	16.38	-
19	19 ต.ค. 41	5221	-	-	420	630	1300	1420	-	780	-	680	7.52	6.82	-	-310	28.8	28.8	15.96	-
20	20 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.22	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.2 (ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
21	21 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.45	-
22	22 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.96	-
23	23 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.25	-
24	24 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.05	-
25	25 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.50	-
26	26 ต.ค. 41	5236	1674	68.03	-	-	-	-	-	875	-	645	-	-	-	-	-	-	20.40	-
27	27 ต.ค. 41	5508	1573	71.44	410	680	1250	1290	-	-	-	-	7.43	6.90	-	-275	30.2	31	18.45	-
28	28 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.05	-
29	29 ต.ค. 41	5508	1464	73.42	440	580	1280	1360	-	880	-	646	7.45	6.92	-	-316	-	29.4	20.55	-
30	30 ต.ค. 41	5430	1573	71.03	460	600	1310	1390	-	-	-	-	7.48	6.81	-	*327	-	28.7	20.40	-
31	31 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.80	-
32	1 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.20	-
33	2 พ.ย. 41	5316	1520	71.41	430	640	1300	1380	-	810	-	650	7.40	6.85	-	-310	28.9	29.5	19.05	-
34	3 พ.ย. 41	5354	1545	71.14	440	620	-	1400	-	-	-	-	7.43	6.83	-	-	-	29.5	18.45	-
35	4 พ.ย. 41	5425	1590	70.69	460	600	1290	1320	-	711	-	460	7.40	6.89	-	-310	28.8	29	19.50	-
36	5 พ.ย. 41	5520	1620	70.65	480	560	1300	1340	-	655	-	440	7.42	6.84	-	-305	27.7	27.7	20.25	-
37	6 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.00	-
38	7 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.55	-
39	8 พ.ย. 41	5380	1425	73.51	370	540	1270	1360	-	720	-	480	7.46	6.88	-	-307	28.2	28.5	19.35	-
40	9 พ.ย. 41	5580	1500	73.12	420	580	1250	1360	-	690	-	490	7.50	6.94	-	-290	29.0	29	18.95	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.2 (ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
41	10 พ.ย. 41	5450	1580	71.01	420	560	1240	1350	-	720	-	580	7.48	6.90	-	-305	29.0	28.8	19.50	-
42	11 พ.ย. 41	5510	1520	72.41	410	580	1280	1340	-	775	-	640	7.49	6.85	-	-	-	28.8	19.80	-
43	12 พ.ย. 41	5425	1425	73.73	430	540	1300	1360	-	780	-	660	7.50	6.80	-	-300	27.0	26.5	20.10	-
44	13 พ.ย. 41	5380	1480	72.49	420	550	1320	1380	-	840	-	680	7.50	6.88	-	-305	27.3	27	20.55	-
45	14 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.35	-
46	15 พ.ย. 41	5520	1450	73.73	420	560	1280	1350	-	820	-	660	7.48	6.87	-	-305	28.5	28.3	20.85	-
47	16 พ.ย. 41	5420	1500	72.32	410	540	1250	1340	-	790	-	580	7.50	6.90	-	-300	28.3	28.5	21.00	-
48	17 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	18 พ.ย. 41	5410	1520	71.90	440	540	1320	1340	-	890	-	680	7.48	6.90	-	-305	25.2	25.3	20.85	-
50	19 พ.ย. 41	5520	1480	73.19	430	580	1310	1380	-	810	-	640	7.52	6.88	-	-310	25.2	25.2	20.40	-
51	20 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	189.50	-
52	21 พ.ย. 41	5320	1545	70.96	450	610	1320	1400	-	880	-	790	7.5	6.90	-	-300	24.9	25	20.00	-
53	22 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.55	-
54	23 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.00	-
55	24 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.25	-
56	25 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	26 พ.ย. 41	5480	1480	72.99	410	600	1280	1310	-	850	-	720	7.48	6.88	-	-300	25.1	25.1	19.95	-
58	27 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.50	-
59	28 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.00	-
60	29 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.00	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.2 (ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
61	30 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.85	-
62	1 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.10	-
63	2 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.80	-
64	3 ธ.ค. 41	5480	1500	72.63	430	580	1300	1390	-	780	-	590	7.50	6.90	-	-304	24.9	25.0	21.26	-
65	4 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66	5 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53
67	6 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52
68	7 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52
69	8 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	9 ธ.ค. 41	5380	1560	71.00	430	610	1310	1380	-	880	-	760	7.48	6.88	-	-295	24.9	24.9	19.50	53
71	10 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68
72	11 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53
73	12 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	13 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	14 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76	15 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
77	16 ธ.ค. 41	5410	1480	72.64	450	580	1280	1340	-	840	-	720	7.5	6.94	-	-290	24.9	24.9	18.50	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.3 ผลการทดลองของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 7.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
1	25 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	26 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	27 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	28 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	29 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	30 ธ.ค. 40	-	-	-	100	-	120	-	-	-	-	-	5.9	-	-	-	-	-	-	-
7	31 ธ.ค. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.7	-
8	1 ม.ค. 41	-	-	-	80	-	145	-	-	-	-	-	6.25	-	-	-	28.8	-	2.7	-
9	2 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
10	3 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.7	-
11	4 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.9	-
12	5 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.9	-
13	6 ม.ค. 41	880	120	86	185	120	150	310	-	-	-	-	6.35	6.55	-	-187	27.7	27.7	1.9	-
14	7 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	-
15	8 ม.ค. 41	1534	98	94	105	140	195	365	-	-	-	-	6.05	6.54	-	-190	27.8	27.7	3	-
16	9 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	-
17	10 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	-
18	11 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	-
19	12 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.8	-
20	13 ม.ค. 41	1484	130	91	100	140	190	410	-	-	-	-	6.13	6.72	-	-174	-	28.8	2.8	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.3(ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
21	14 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
22	15 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.3	-
23	16 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
24	17 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	-
25	18 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	-
26	19 ม.ค. 41	-	-	-	140	185	270	535	-	-	-	-	6.37	6.75	-	-200	28.3	28.8	2.1	-
27	20 ม.ค. 41	1568	212	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	-
28	21 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	-
29	22 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	-
30	23 ม.ค. 41	1976	244	88	170	180	560	10	96	12	74	7.36	6.72	-	-221	29.3	-	2.2	-	
31	24 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	-
32	25 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.8	-
33	26 ม.ค. 41	2480	-	-	150	220	320	640	-	87	-	62	6.98	6.81	-	-217	28.5	28.7	10.7	-
34	27 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.2	-
35	28 ม.ค. 41	2540	173	93	190	250	620	700	-	238	-	129	6.73	6.78	-	-235	29.4	29.4	9.9	-
36	29 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.1	-
37	30 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.4	-
38	31 ม.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.1	-
39	1 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.4	-
40	2 ก.พ. 41	3120	409	87	230	270	710	740	8.75	335	26	205	7.65	6.81	-	-260	29	28.3	10.5	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.3(ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		Inf	eff		Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff		
41	3 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.7	-
42	4 ก.พ. 41	3540	-	#VALUE!	230	330	820	830	18.6	414	18	258	7.75	6.78	-	-257	28.8	28.4	10.8	-
43	5 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.9	-
44	6 ก.พ. 41	3680	590	84	400	400	960	960	-	-	-	-	7.62	6.82	-	-245	29.1	28.4	12.3	-
45	7 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.9	-
46	8 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.4	-
47	9 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.9	-
48	10 ก.พ. 41	4150	503	88	280	390	920	1050	17	495	24	281	7.51	6.87	-	-271	29.5	29.8	13.2	-
49	11 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.4	-
50	12 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.4	-
51	13 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.6	-
52	14 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.7	-
53	15 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.6	-
54	16 ก.พ. 41	3920	472	88	260	370	960	1050	-	1090	-	563	7.68	6.84	-	-264	29.7	29.7	18.1	-
55	17 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.6	-
56	18 ก.พ. 41	4260	600	86	270	380	1050	1180	-	664	-	362	7.53	7.05	-	-265	30.1	30.4	17.3	-
57	19 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	-
58	20 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.1	-
59	21 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.8	-
60	22 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.2	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.3(ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
61	23 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.9	-
62	24 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.3	-
63	25 ก.พ. 41	4327	531	88	320	460	1190	1180	8	1030	58	757	7.69	6.93	-	-309	30.6	30.6	21.4	-
64	26 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.5	-
65	27 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-
66	28 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.4	-
67	1 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.6	-
68	2 มี.ค. 41	5523	1142	79	270	530	-	-	5.16	923	24	614	7.65	6.82	-	-327	30	30.2	19	-
69	3 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.3	-
70	4 มี.ค. 41	5538	1403	75	290	530	1200	1260	19	914	23	643	7.72	6.85	-	-335	30.2	30.8	20.9	-
71	5 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.6	-
72	6 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.3	-
73	7 ก.พ. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.2	-
74	8 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	-
75	9 มี.ค. 41	5391	1565	71	230	510	1160	1240	16	-	-	-	7.84	6.88	-	-343	29.6	29.6	19.4	-
76	10 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.6	-
77	11 มี.ค. 41	5410	1542	71	310	570	1210	1180	-	-	-	-	7.7	6.75	-	-322	-	-	19.3	-
78	12 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.2	-
79	13 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.5	-
80	14 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.9	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.3(ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (1)	%CH ₄
		Inf	eff		Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff		
81	15 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
82	16 มี.ค. 41	5373	1361	75	280	530	1130	1140	-	1112	20	768	7.7	6.84	-	-	30.8	31.1	22.9	-
83	17 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.3	-
84	18 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.2	-
85	19 มี.ค. 41	5886	1494	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.8	-
86	20 มี.ค. 41	5769	1720	70	300	560	1280	1290	-	-	-	-	7.78	6.66	-	-	30.4	30.6	22.9	-
87	21 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.2	-
88	22 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.2	-
89	23 มี.ค. 41	5733	1777	69	330	600	1210	1310	-	980	-	1064	7.72	6.75	-	-	30.4	30.4	22.9	-
90	24 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.9	-
91	25 มี.ค. 41	5624	1628	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.9	-
92	26 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.9	-
93	27 มี.ค. 41	5530	1310	76	310	610	1260	1360	-	-	-	-	7.72	7.00	-	-	30.9	30.9	34.1	-
94	28 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.2	-
95	29 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.9	-
96	30 มี.ค. 41	5894	1936	67	290	590	1340	1170	-	646	-	500	7.8	6.85	-	-	30.8	30.9	33.6	-
97	31 มี.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.9	-
98	1 เม.ย. 41	5532	1871	66	290	620	1230	1360	-	588	-	523	7.74	6.90	-	-	30.6	30.8	32.7	-
99	2 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.4	-
100	3 เม.ย. 41	5420	1780	67	310	620	1310	1320	-	-	-	-	7.69	6.90	-	-	31.6	31.3	29.6	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.3(ต่อ)

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		Inf	eff		Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff		
101	4 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	-
102	5 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-
103	6 เม.ย. 41	5760	2080	64	340	610	1280	1180	-	993	-	967	7.70	6.78	-	-	31	30.7	30.9	-
104	7 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.4	-
105	8 เม.ย. 41	5420	1780	67	310	600	1240	1300	-	1057	-	942	7.80	6.84	-	-320	31	31.7	28.8	-
106	9 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.9	-
107	10 เม.ย. 41	5665	2124	63	350	590	1230	1170	-	1071	-	923	7.80	6.83	-	-300	30.7	31.0	29.1	-
108	11 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.2	-
109	12 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.8	-
110	13 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.1	-
111	14 เม.ย. 41	5620	2285	59	310	550	1270	1190	-	1256	-	1075	7.72	7.88	-	-	31.3	31.6	-	-
112	15 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.1	-
113	16 เม.ย. 41	5610	3167	44	340	670	1220	1240	-	1427	-	1175	7.61	6.70	-	-315	32.0	32.1	29.2	-
114	17 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-
115	18 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.1	-
116	19 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-
117	20 เม.ย. 41	5638	2285	59	360	380	1210	1250	-	513	-	533	7.56	6.63	-	-320	30.2	30.8	29.4	-
118	21 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.3	-
119	22 เม.ย. 41	5612	1993	64	370	650	1260	1250	-	815	-	750	7.52	6.71	-	-310	30.6	30.9	31.1	-
120	23 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.2	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.3(ต่อ)

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄	
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff			
121	24 เม.ย. 41	5700	2230	61	340	640	1210	1310	-	591	-	565	7.58	6.75	-	-320	30.7	30.9	27.1	-	
122	25 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.5	-
123	26 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.6	-
124	27 เม.ย. 41	5680	2171	62	320	640	1160	1230	-	1218	-	1156	7.60	6.78	-	-315	31.2	31.1	28.2	-	
125	28 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.3	-
126	29 เม.ย. 41	5812	2310	60	340	680	1210	1260	-	1628	-	1433	7.56	6.76	-	-320	31.4	31.6	31.7	-	
127	30 เม.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.4	-
128	1 พ.ค. 41	5800	2590	55	340	690	1160	1260	-	-	-	-	7.55	6.67	-	-320	31	31.5	-	-	
129	2 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
130	3 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
131	4 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
132	5 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
133	6 พ.ค. 41	5790	2618	55	430	710	1240	1200	-	687	-	686	7.50	6.65	-	-318	31.2	31.6	29.4	-	
134	7 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.7	-
135	8 พ.ค. 41	5400	2180	60	360	660	1190	1180	-	1341	-	1082	7.60	6.6	-	-320	31.5	31	30.5	-	
136	9 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.5	-
137	10 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.6	-
138	11 พ.ค. 41	5800	2245	61	360	630	1190	1250	-	920	-	910	7.50	6.72	-	-325	31.5	31	30	-	
139	12 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.4	-
140	13 พ.ค. 41	5860	2240	62	310	590	1130	1190	-	-	-	-	7.54	6.77	-	-325	30.5	30.3	28	-	

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.3(ต่อ)

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (%)	%CH ₄
		Inf	eff		Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff		
141	14 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.3	51
142	15 พ.ค. 41	5800	1935	67	310	630	1140	1160	-	2226	-	1840	7.55	6.73	-	-323	31.8	31.7	30.2	49
143	16 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.7	-
144	17 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.6	-
145	18 พ.ค. 41	5800	2320	60	310	630	1130	1190	-	1323	-	1123	7.51	6.73	-	-325	29.6	29.5	28.9	52
146	19 พ.ค. 41	5800	2430	58	350	660	1190	1140	-	-	-	-	7.54	6.62	-	-323	29.7	29.8	25.9	51
147	20 พ.ค. 41	5881	2196	63	350	660	1150	1050	-	1200	-	-	7.65	6.62	-	-322	30.2	30.3	28	52
148	21 พ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.1	51

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.4 ผลการทดลองของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
1	1 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.15	-
2	2 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.10	-
3	3 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.75	-
4	4 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.50	-
5	5 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.50	-
6	6 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.75	-
7	7 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.50	-
8	8 ต.ค. 41	4540	2700	40.53	390	770	1320	1190	-	-	-	-	7.59	6.36	-	-	28.8	28.8	27.15	-
9	9 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.25	-
10	10 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.30	-
11	11 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.56	-
12	12 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.00	-
13	13 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.65	-
14	14 ต.ค. 41	-	-	-	330	890	1140	1560	-	-	-	-	7.53	6.50	-	-315	29.4	29.4	32.50	-
15	15 ต.ค. 41	5125	2560	50.05	450	600	1360	1090	-	-	-	-	7.62	6.40	-	-310	28.3	28.4	33.25	-
16	16 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.50	-
17	17 ต.ค. 41	5044	3144	37.67	320	780	1240	1090	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.15	-
18	18 ต.ค. 41	-	-	-	-	780	-	1260	-	-	-	-	-	6.40	-	-	-	29.8	35.50	-
19	19 ต.ค. 41	5221	-	-	480	850	-	1390	-	820	-	727	7.63	6.43	-	-300	28.8	28.8	37.15	-
20	20 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.75	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.4(ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff		
21	21 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.90	-
22	22 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.20	-
23	23 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.75	-
24	24 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.00	-
25	25 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.50	-
26	26 ต.ค. 41	5236	2754	47.40	480	880	1530	1420	-	695	-	683	7.74	6.46	-	-300	30.2	30.5	39.00	-
27	27 ต.ค. 41	5508	2910	47.17	450	850	1570	1380	-	-	-	-	7.75	6.46	-	-308	29.2	30.2	39.75	-
28	28 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.25	-
29	29 ต.ค. 41	5508	2800	49.16	-	850	-	1450	-	1980	-	1880	7.60	6.57	-	-310	29.0	29.2	38.40	-
30	30 ต.ค. 41	5430	2865	47.24	-	830	-	1260	-	-	-	-	7.58	6.42	-	-313	28.9	28.7	38.85	-
31	31 ต.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.15	-
32	1 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.30	-
33	2 พ.ย. 41	5316	2803	47.27	490	880	1590	1380	-	-	-	-	7.57	6.45	-	-322	28.8	29.3	39.60	-
34	3 พ.ย. 41	5455	3174	41.81	480	1000	1530	1640	-	-	-	-	7.50	6.35	-	-310	28.7	29	39.15	-
35	4 พ.ย. 41	5380	3200	40.52	390	940	1500	1470	-	1469	-	1369	7.40	6.33	-	-302	28.6	29.3	39.60	-
36	5 พ.ย. 41	5520	1971	64.29	450	950	1570	1440	-	1050	-	940	7.51	6.37	-	-305	27.5	27.7	38.95	-
37	6 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.20	-
38	7 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.00	-
39	8 พ.ย. 41	5336	3200	40.03	450	960	1670	1480	-	1119	-	1014	7.50	6.40	-	-305	28.8	28.6	39.15	-
40	9 พ.ย. 41	5580	3096	44.52	480	930	1530	1380	-	1010	-	920	7.55	6.46	-	-295	27.5	29.0	39.85	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.4(ต่อ)

วันที่	วัน/เดือน/ปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		Inf	eff		Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff		
41	10 พ.ย. 41	5440	2864	47.35	450	970	1560	1480	-	1020	-	940	7.52	6.42	-	-397	28.5	29.0	39.40	-
42	11 พ.ย. 41	5540	3249	41.35	460	930	1530	1460	-	1273	-	1260	7.48	6.40	-	-287	27.6	27.9	38.55	-
43	12 พ.ย. 41	5380	3101	42.36	480	980	1500	1430	-	1320	-	1250	7.50	6.32	-	-290	26.7	26.3	38.40	-
44	13 พ.ย. 41	5420	3080	43.17	460	950	1540	1480	-	1150	-	1020	7.53	6.38	-	-300	28.5	28.2	39.75	-
45	14 พ.ย. 41	-	3200	-	450	960	1670	1480	-	1120	-	1014	7.50	6.40	-	-305	28.8	28.6	39.30	-
46	15 พ.ย. 41	5520	3120	43.48	470	950	1590	1480	-	1250	-	1160	7.46	6.41	-	-300	28.7	28.3	39.15	-
47	16 พ.ย. 41	5480	3128	42.92	460	970	1620	1470	-	1280	-	1180	7.55	6.40	-	-305	28.6	28.4	39.45	-
48	17 พ.ย. 41	5410	3200	40.85	420	950	1580	1450	-	1100	-	980	7.52	6.38	-	-300	28.4	28.1	38.55	-
49	18 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.20	-
50	19 พ.ย. 41	5410	3120	42.33	450	960	1630	1480	-	1100	-	980	7.55	6.42	-	-305	25.5	25.2	39.75	-
51	20 พ.ย. 41	5520	3054	44.67	430	940	1650	1460	-	960	-	870	7.60	6.43	-	-295	25.2	24.9	38.55	-
52	21 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.50	-
53	22 พ.ย. 41	5480	3200	41.61	470	920	1580	1480	-	980	-	850	7.53	6.40	-	-300	25.1	24.9	38.55	-
54	23 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.00	-
55	24 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.15	-
56	25 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.85	-
57	26 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.00	-
58	27 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.85	-
59	28 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.15	-
60	29 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.4(ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	COD		%COD removed	VFA		ALK		SS		VSS		pH		ORP		Temp		Gas (l)	%CH ₄
		Inf	eff		Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff	Inf	eff		
61	30 พ.ย. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.15	-
62	1 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.55	-
63	2 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.15	-
64	3 ธ.ค. 41	5410	3261	39.72	430	900	1640	1360	-	1010	-	920	7.55	6.38	-	-310	25	24.9	38.55	-
65	4 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.00	-
66	5 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.55	-
67	6 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68	7 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69	8 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	9 ธ.ค. 41	5520	3180	42.39	480	940	1640	1460	-	1250	-	1120	7.48	6.44	-	-310	25	24.9	39.10	-
71	10 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	11 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51
73	12 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49
74	13 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47
75	14 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.50	49
76	15 ธ.ค. 41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.00	51
77	16 ธ.ค. 41	5410	3260	-	430	900	1640	1360	-	1320	-	1210	7.55	6.38	-	-300	24.9	24.9	38.50	50

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์



ภาคผนวก ข.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข.1 ผลการทดลองตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 3.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

วันที่	วัน/เดือน/ปี	ตำแหน่ง	ความสูง	COD	VFA	ALK	SS	VSS	pH	ORP	Temp
143	16 พ.ค. 41	เข้า	0	5630	360	1210	-	-	7.58	-	31.5
		จุด1	0.15	2666	593	1109	25400	21800	6.96	-307	29.0
		จุด2	0.45	330	350	1140	43700	30700	7.33	-328	29.1
		จุด3	1.05	285	450	1470	1980	1440	6.99	-310	29.7
		จุด4	1.65	247	470	1490	740	600	6.96	-295	28.9
		จุด5	2.25	219	410	1430	440	373	7.01	-307	29.1
		ออก	2.50	210	450	1470	680	607	7.05	-312	29.1
144	17 พ.ค. 41	เข้า	0	5700	360	1150	-	-	7.51	-	29.5
		จุด1	0.15	2285	533	1109	26100	15200	6.46	-305	29.1
		จุด2	0.45	761	250	1140	39800	20600	6.80	-325	29.7
		จุด3	1.05	495	660	1470	935	707	6.67	-308	29.5
		จุด4	1.65	287	480	1490	836	690	6.95	-298	29.1
		จุด5	2.25	228	520	1430	810	740	6.98	-308	29.0
		ออก	2.50	190	480	1470	933	686	7.00	-310	29.2
148	21 พ.ค. 41	เข้า	0	5580	350	1140	-	-	7.50	-	29.8
		จุด1	0.15	2550	560	980	24800	21400	7.12	-310	29.5
		จุด2	0.45	495	340	1240	38900	37800	7.60	-326	29.7
		จุด3	1.05	380	430	1350	1850	1640	7.33	-308	29.8
		จุด4	1.65	265	450	1420	780	620	6.90	-299	29.9
		จุด5	2.25	242	380	1460	768	648	7.01	-310	29.8
		ออก	2.50	210	410	1390	807	730	6.97	-313	29.9
150	23 พ.ค. 41	เข้า	0	5710	340	1190	-	-	7.58	-	30.2
		จุด1	0.15	2310	540	980	24980	23400	7.20	-310	30.0
		จุด2	0.45	690	380	1350	35600	34500	7.62	-328	30.2
		จุด3	1.05	410	510	1250	1100	980	7.40	-310	30.1
		จุด4	1.65	290	480	1480	840	750	7.10	-298	30.1
		จุด5	2.25	240	460	1440	790	680	6.95	-305	30.2
		ออก	2.50	210	490	1410	810	690	7.04	-308	30.2

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ๕.1 (ต่อ)

วันที่	วัน/เดือน/ปี	ตำแหน่ง	ความสูง	COD	VFA	ALK	SS	VSS	pH	ORP	Temp
152	25 พ.ค. 41	เข้า	0	5600	340	1210	-	-	7.72	-	31.5
		จุด1	0.15	2410	610	1100	26100	24300	6.96	-310	29.8
		จุด2	0.45	490	360	1160	41800	3800	7.43	-325	29.8
		จุด3	1.05	420	450	1500	2800	2700	7.10	-308	29.7
		จุด4	1.65	380	490	1490	680	598	6.96	-298	29.7
		จุด5	2.25	336	430	1450	690	590	7.10	-304	29.8
		ออก	2.50	320	450	1510	840	790	7.15	-310	29.8
154	27 พ.ค. 41	เข้า	0	5634	380	1180	-	-	7.68	-	30.8
		จุด1	0.15	2320	610	1120	26400	24800	7.10	-305	30.4
		จุด2	0.45	690	380	1170	41000	30900	6.89	-327	30.4
		จุด3	1.05	510	460	1480	1100	990	6.90	-310	30.5
		จุด4	1.65	380	485	1460	980	810	7.05	-298	30.5
		จุด5	2.25	340	440	1440	840	740	7.04	-305	30.5
		ออก	2.50	278	410	1480	740	830	7.03	-308	30.4
155	28 พ.ค. 41	เข้า	0	5400	360	1200	-	-	7.61	-	30.9
		จุด1	0.15	2710	540	1110	27100	25800	6.80	-307	31.1
		จุด2	0.45	480	338	1190	45200	43900	7.10	-330	31.1
		จุด3	1.05	380	380	1380	1200	993	7.00	-312	31.1
		จุด4	1.65	320	490	1410	1030	843	6.96	-297	31.2
		จุด5	2.25	305	460	1480	940	810	7.05	-308	31.2
		ออก	2.50	293	430	1460	810	690	7.10	-315	31.2
156	29 พ.ค. 41	เข้า	0	5490	380	1210	-	-	7.60	-309	30.4
		จุด1	0.15	2180	560	990	29000	26900	6.82	-331	30.1
		จุด2	0.45	690	410	1380	40000	37800	7.12	-320	30.1
		จุด3	1.05	510	450	1240	2150	1700	6.98	-300	30.1
		จุด4	1.65	310	410	1310	1410	1240	6.97	-305	30.0
		จุด5	2.25	235	380	1400	940	810	7.04	-310	30.0
		ออก	2.50	195	400	1380	840	710	7.10	-314	30.0

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ข.2 ผลการทดลองตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราการอินทรีย์ 4.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

วันที่	วัน/เดือน/ปี	ตำแหน่ง	ความสูง	COD	VFA	ALK	SS	VSS	pH	ORP	Temp
68	7 ธ.ค. 41	เข้า	0	5580	420	1310	-	-	7.50	-	25.0
		จุด1	0.15	2750	640	1080	49100	45800	6.32	-284	24.9
		จุด2	0.45	2100	680	1140	38300	36300	6.47	-287	24.9
		จุด3	1.05	2000	620	1190	4371	4342	6.50	-295	24.8
		จุด4	1.65	1800	590	1270	6420	6140	6.63	-323	24.9
		จุด5	2.25	1525	570	1390	1640	1620	6.78	-300	24.8
		ออก	2.50	1500	600	1370	770	700	6.86	-305	24.9
72	11 ธ.ค. 41	เข้า	0	5420	440	1290	-	-	7.48	-	25.1
		จุด1	0.15	2800	600	1116	38300	36300	6.35	-280	25.0
		จุด2	0.45	2125	640	960	40400	37800	6.48	-285	24.9
		จุด3	1.05	2000	580	1170	2375	2110	6.52	-290	25.0
		จุด4	1.65	1825	550	1230	5312	5150	6.60	-302	25.0
		จุด5	2.25	1550	530	1310	742	714	6.77	-295	24.9
		ออก	2.50	1520	560	1320	488	455	6.87	-300	24.9

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข.3 ผลการทดลองตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราการอินทรีย์ 7.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

วันที่	วัน/เดือน/ปี	ตำแหน่ง	ความสูง	COD	VFA	ALK	SS	VSS	pH	ORP	Temp
143	16 พ.ค. 41	เข้า	0	5680	350	1210	-	-	7.60	-	29.3
		จุด1	0.15	3428	625	1033	38600	32800	6.36	-315	29.1
		จุด2	0.45	2660	590	1080	56400	44400	6.50	-327	29.1
		จุด3	1.05	2430	590	1240	3490	2890	6.63	-315	29.0
		จุด4	1.65	2210	630	1250	982	882	6.66	-303	29.0
		จุด5	2.25	2210	520	1270	833	787	6.77	-307	29.0
		ออก	2.50	2180	560	1260	900	825	6.64	-308	28.9
144	17 พ.ค. 41	เข้า	0	5720	370	1140	-	-	7.56	-	30.2
		จุด1	0.15	3047	533	1012	24900	21800	6.65	-321	30.4
		จุด2	0.45	2285	660	1160	49700	39000	6.58	-330	30.5
		จุด3	1.05	2190	690	1210	5890	4680	6.82	-318	30.5
		จุด4	1.65	2133	680	1230	1757	1547	6.78	-310	30.4
		จุด5	2.25	2057	670	1320	2075	1793	6.80	-308	30.5
		ออก	2.50	2052	670	1230	1100	980	6.80	-309	30.4
148	21 พ.ค. 41	เข้า	0	5790	310	1140	-	-	7.55	-	31.7
		จุด1	0.15	3180	580	1010	34000	31800	6.40	-320	31.5
		จุด2	0.45	2310	640	1210	53000	49800	6.50	-328	31.4
		จุด3	1.05	2240	650	1200	4800	4690	6.60	-318	31.4
		จุด4	1.65	2100	670	1320	2250	2010	6.74	-320	31.4
		จุด5	2.25	2090	660	1280	2100	1850	6.80	-318	31.3
		ออก	2.50	2020	660	1160	2220	1840	6.73	-323	31.3
150	23 พ.ค. 41	เข้า	0	5710	360	1190	-	-	7.50	-	30.3
		จุด1	0.15	3510	510	1040	42000	38900	6.64	-318	30.5
		จุด2	0.45	2810	640	1110	59000	53800	6.51	-321	30.6
		จุด3	1.05	2410	710	1300	4100	3810	6.82	-310	30.6
		จุด4	1.65	2320	690	1250	1080	910	6.80	-302	30.6
		จุด5	2.25	2280	680	1240	980	840	6.82	-305	30.6
		ออก	2.50	2240	690	1180	840	710	6.75	-309	30.5

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ข.3 (ต่อ)

วันที่	วันเดือนปี	ตำแหน่ง	ความสูง	COD	VFA	ALK	SS	VSS	pH	ORP	Temp
152	25 พ.ค. 41	เข้า	0	5630	360	1210	-	-	7.60	-	29.8
		จุด1	0.15	3210	645	1100	39100	34100	6.40	-320	29.5
		จุด2	0.45	2740	570	1050	57600	43100	6.50	-325	29.5
		จุด3	1.05	2440	580	1200	3400	2760	6.60	-318	29.4
		จุด4	1.65	2310	640	1250	1000	840	6.65	-310	29.4
		จุด5	2.25	2305	620	1240	980	740	6.70	-308	29.4
		ออก	2.50	2280	610	1260	900	740	6.67	-309	29.4
154	27 พ.ค. 41	เข้า	0	5700	380	1110	-	-	7.50	-321	29.7
		จุด1	0.15	3210	533	1010	27400	24800	6.70	-328	29.8
		จุด2	0.45	2410	660	1140	48600	42100	6.60	-320	29.8
		จุด3	1.05	2380	610	1250	5980	8100	6.84	-310	29.9
		จุด4	1.65	2320	620	1260	2100	1580	6.80	-310	29.9
		จุด5	2.25	2280	540	1310	2000	1740	6.78	-309	29.9
		ออก	2.50	2250	560	1250	1200	980	6.75	-312	29.9
155	28 พ.ค. 41	เข้า	0	5580	360	1300	-	-	7.55	-320	31.0
		จุด1	0.15	3610	560	1050	35800	30400	6.40	-330	30.8
		จุด2	0.45	2890	600	1090	56300	43240	6.50	-320	30.9
		จุด3	1.05	2450	610	1200	4100	3410	6.60	-318	30.9
		จุด4	1.65	2290	580	1250	980	820	6.75	-320	30.8
		จุด5	2.25	2210	580	1210	830	720	6.70	-318	30.9
		ออก	2.50	2180	590	1240	900	840	6.68	-316	30.9
156	29 พ.ค. 41	เข้า	0	5710	310	1210	-	-	7.66	-318	31.2
		จุด1	0.15	3580	630	1050	41000	32100	6.40	-330	31.5
		จุด2	0.45	2770	595	1080	59000	47800	6.54	-325	31.5
		จุด3	1.05	2540	600	1250	3840	3100	6.60	-315	31.4
		จุด4	1.65	2380	580	1280	1200	1100	6.66	-314	31.5
		จุด5	2.25	2360	640	1270	1100	990	6.80	-315	31.5
		ออก	2.50	2310	630	1260	990	845	6.75	-320	31.4

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ข.4 ผลการทดลองตามความสูงของถังกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 14.67 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

วันที่	วัน/เดือน/ปี	ตำแหน่ง	ความสูง	COD	VFA	ALK	SS	VSS	pH	ORP	Temp
68	7 ธ.ค. 41	เข้า	0	5420	460	1560	-	-	7.55	-	24.9
		จุด1	0.15	3525	850	1300	26200	24100	6.34	-275	25.0
		จุด2	0.45	3125	880	1440	63600	57700	6.35	-290	25.0
		จุด3	1.05	3000	930	1500	1078	961	6.48	-293	25.0
		จุด4	1.65	2925	840	1460	840	811	6.50	-300	24.9
		จุด5	2.25	2925	920	1490	689	663	6.48	-295	24.9
		ออก	2.50	2875	920	1450	990	961	6.46	-310	24.9
72	11 ธ.ค. 41	เข้า	0	5580	450	1580	-	-	7.54	-	24.8
		จุด1	0.15	3475	760	1280	11900	10400	6.20	-272	24.9
		จุด2	0.45	2975	860	1180	37800	34000	6.25	-285	24.9
		จุด3	1.05	2925	870	1210	740	520	6.35	-292	24.8
		จุด4	1.65	2840	910	1270	850	810	6.38	-310	24.8
		จุด5	2.25	2800	940	1350	650	630	6.40	-300	24.8
		ออก	2.50	2750	1030	1380	1100	980	6.42	-305	24.9

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.1 สรุปค่าเฉลี่ยตัวแปรต่างๆที่สภาวะคงที่ ที่อัตราภาวะอินทรีย์ 3.67กก.ชีโอดี/ลบ.ม-วัน

ตัวแปร		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
โออาร์พี (มิลลิโวลท์)	เฉลี่ย	-	-315
	ค่าเบี่ยงเบน	-	5
	จำนวนตัวอย่าง	-	18
พีเอช	เฉลี่ย	7.63	7.05
	ค่าเบี่ยงเบน	0.1	0.13
	จำนวนตัวอย่าง	26	26
อุณหภูมิ (° ซ)	เฉลี่ย	32.0	30.9
	ค่าเบี่ยงเบน	6	0.67
	จำนวนตัวอย่าง	25	25
ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	เฉลี่ย	-	782
	ค่าเบี่ยงเบน	-	820
	จำนวนตัวอย่าง	-	20
ตะกอนไวลาไทล์ (มก./ล.)	เฉลี่ย	-	576
	ค่าเบี่ยงเบน	-	457
	จำนวนตัวอย่าง	-	20
กรดไขมันระเหย (มก./ล กรดอะซิติก)	เฉลี่ย	331	428
	ค่าเบี่ยงเบน	31	53
	จำนวนตัวอย่าง	27	27
สภาพค่างทั้งหมด (มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต)	เฉลี่ย	1210	1432
	ค่าเบี่ยงเบน	50	60
	จำนวนตัวอย่าง	27	26
อัตราส่วนคาร์คไฮมันระเหยต่อสภาพค่างทั้งหมด			0.29
ชีโอดี (มก./ล.)	เฉลี่ย	5690	258
	ค่าเบี่ยงเบน	154	109
	จำนวนตัวอย่าง	29	27
ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดี (%)	เฉลี่ย	-	96
	ค่าเบี่ยงเบน	-	2
	จำนวนตัวอย่าง	-	29
ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร/วัน)	เฉลี่ย	-	9.2
	ค่าเบี่ยงเบน	-	1
	จำนวนตัวอย่าง	-	64
ก๊าซมีเทน (%)	เฉลี่ย	-	57.5
	ค่าเบี่ยงเบน	-	1
	จำนวนตัวอย่าง	-	6

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ค.2 สรุปค่าเฉลี่ยตัวแปรต่างๆที่สถานีที่ ที่อัตราภาวะอินทรีย์ 4.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ตัวแปร		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
โออาร์พี (มิลลิโวลต์)	เฉลี่ย	-	-303
	ค่าเบี่ยงเบน	-	6.82
	จำนวนตัวอย่าง	-	18
พีเอช	เฉลี่ย	7.47	6.88
	ค่าเบี่ยงเบน	0.03	0.04
	จำนวนตัวอย่าง	21	21
อุณหภูมิ (° C)	เฉลี่ย	26.9	27.3
	ค่าเบี่ยงเบน	1.74	1.82
	จำนวนตัวอย่าง	17	21
ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	เฉลี่ย	-	791
	ค่าเบี่ยงเบน	-	70
	จำนวนตัวอย่าง	-	19
ตะกอนโคลoidal (มก./ล.)	เฉลี่ย	-	625
	ค่าเบี่ยงเบน	-	100
	จำนวนตัวอย่าง	-	19
กรดไขมันระเหย (มก./ล กรดอะซิติก)	เฉลี่ย	431	583
	ค่าเบี่ยงเบน	23	40
	จำนวนตัวอย่าง	21	21
สภาพด่างทั้งหมด (มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต)	เฉลี่ย	1290	1360
	ค่าเบี่ยงเบน	24	25
	จำนวนตัวอย่าง	20	21
อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมด		-	0.42
ซีโอดี (มก./ล.)	เฉลี่ย	5439	1512
	ค่าเบี่ยงเบน	72	53
	จำนวนตัวอย่าง	21	21
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	เฉลี่ย	-	72
	ค่าเบี่ยงเบน	-	1.1
	จำนวนตัวอย่าง	-	20
ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร/วัน)	เฉลี่ย	-	24.7
	ค่าเบี่ยงเบน	-	28
	จำนวนตัวอย่าง	-	36
ก๊าซมีเทน (%)	เฉลี่ย	-	53.2
	ค่าเบี่ยงเบน	-	1
	จำนวนตัวอย่าง	-	6

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ค.3 สรุปค่าเฉลี่ยตัวแปรต่างๆที่สภาวะคงที่ ที่อัตราภาวะอินทรีย์ 7.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ตัวแปร		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
ไออาร์ที (มิลลิโวลท์)	เฉลี่ย	-	-319
	ค่าเบี่ยงเบน	-	6
	จำนวนตัวอย่าง	-	18
พีเอช	เฉลี่ย	7.63	6.80
	ค่าเบี่ยงเบน	0.1	0.24
	จำนวนตัวอย่าง	26	26
อุณหภูมิ (° C)	เฉลี่ย	30.87	30.97
	ค่าเบี่ยงเบน	0.6	0.6
	จำนวนตัวอย่าง	26	26
ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	เฉลี่ย	-	1080
	ค่าเบี่ยงเบน	-	410
	จำนวนตัวอย่าง	-	20
ตะกอนโคลาไธล์ (มก./ล.)	เฉลี่ย	-	948
	ค่าเบี่ยงเบน	-	337
	จำนวนตัวอย่าง	-	19
กรดไขมันระเหย (มก./ล กรดอะซิติก)	เฉลี่ย	331	615
	ค่าเบี่ยงเบน	32	64
	จำนวนตัวอย่าง	26	26
สภาพค่างทั้งหมด (มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต)	เฉลี่ย	1214	1229
	ค่าเบี่ยงเบน	57	74
	จำนวนตัวอย่าง	26	26
อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพค่างทั้งหมด		-	0.50
ซีโอดี (มก./ล.)	เฉลี่ย	5686	2073
	ค่าเบี่ยงเบน	155	399
	จำนวนตัวอย่าง	28	28
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	เฉลี่ย	-	64
	ค่าเบี่ยงเบน	-	7
	จำนวนตัวอย่าง	-	28
ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร/วัน)	เฉลี่ย	-	29
	ค่าเบี่ยงเบน	-	4
	จำนวนตัวอย่าง	-	60
ก๊าซมีเทน (%)	เฉลี่ย	-	51
	ค่าเบี่ยงเบน	-	1
	จำนวนตัวอย่าง	-	6

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ก.4 สรุปค่าเฉลี่ยตัวแปรต่างๆที่สภาวะคงที่ ที่อัตราภาวะอินทรีย์14.67กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน

ตัวแปร		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
ไฮดราร์ที (มิลลิโวลท์)	เฉลี่ย	-	-308
	ค่าเบี่ยงเบน	-	21.44
	จำนวนตัวอย่าง	-	22
พีเอช	เฉลี่ย	7.52	6.41
	ค่าเบี่ยงเบน	0.05	0.05
	จำนวนตัวอย่าง	22	22
อุณหภูมิ (° ซ)	เฉลี่ย	27.5	27.5
	ค่าเบี่ยงเบน	1.58	1.73
	จำนวนตัวอย่าง	22	22
ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	เฉลี่ย	-	1198
	ค่าเบี่ยงเบน	-	235
	จำนวนตัวอย่าง	-	19
ตะกอนไเวลาไหล (มก./ล.)	เฉลี่ย	-	1099
	ค่าเบี่ยงเบน	-	240
	จำนวนตัวอย่าง	-	19
กรดไขมันระเหย (มก./ล. กรดอะซิติก)	เฉลี่ย	454	935
	ค่าเบี่ยงเบน	24	41
	จำนวนตัวอย่าง	20	22
สภาพคั่งทั้งหมด (มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต)	เฉลี่ย	1588	1477
	ค่าเบี่ยงเบน	54	71
	จำนวนตัวอย่าง	20	22
อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพคั่งทั้งหมด		-	0.63
ซีไอดี (มก./ล.)	เฉลี่ย	5451	3051
	ค่าเบี่ยงเบน	70	280
	จำนวนตัวอย่าง	21	22
ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี (%)	เฉลี่ย	-	44
	ค่าเบี่ยงเบน	-	5.39
	จำนวนตัวอย่าง	-	20
ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร/วัน)	เฉลี่ย	-	38.9
	ค่าเบี่ยงเบน	-	0.58
	จำนวนตัวอย่าง	-	41
ก๊าซมีเทน (%)	เฉลี่ย	-	49.5
	ค่าเบี่ยงเบน	-	1
	จำนวนตัวอย่าง	-	6

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตาราง ค.5 แสดงวันที่ระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ ที่อัตราภาระอินทรีย์ต่างๆ

อัตราภาระอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	วันเริ่มต้นทำการ ทดลอง	วันที่ระบบเข้าสู่ สภาวะคงที่	วันสิ้นสุดการ ทดลอง
3.67	25 ธ.ค. 40	16 มี.ค. 41	21 พ.ค. 41
4.89	1 ต.ค. 41	29 ต.ค. 41	16 ธ.ค. 41
7.33	25 ธ.ค. 40	16 มี.ค. 41	21 พ.ค. 41
14.67	1 ต.ค. 41	29 ต.ค. 41	16 ธ.ค. 41



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.1 เปอร์เซนต์มีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์

Organic loading rate (kg.cod/m ³ -day)	Peak	Time	Area % Air+CH ₄ +CO ₂	Area % CH ₄ +CO ₂
3.67	Air	0.368	22.54	-
	CH ₄	0.497	43.31	56.47
	CO ₂	0.840	33.38	43.53
3.67	Air	0.371	22.63	-
	CH ₄	0.499	43.54	57.49
	CO ₂	0.843	32.19	42.51
3.67	Air	0.417	38.99	-
	CH ₄	0.567	34.11	59.13
	CO ₂	0.892	23.57	40.87
3.67	Air	0.417	36.84	-
	CH ₄	0.567	33.34	56.06
	CO ₂	0.894	26.21	43.94
3.67	Air	0.373	22.75	-
	CH ₄	0.498	45.12	58.40
	CO ₂	0.842	32.13	41.59
3.67	Air	0.370	22.64	-
	CH ₄	0.497	45.21	58.60
	CO ₂	0.840	31.94	41.39
4.89	Air	0.417	27.45	-
	CH ₄	0.567	37.65	53.15
	CO ₂	0.884	33.18	46.85
4.89	Air	0.417	26.08	-
	CH ₄	0.567	38.83	53.31
	CO ₂	0.912	34.00	46.69
4.89	Air	0.417	36.84	-
	CH ₄	0.567	33.15	55.66
	CO ₂	0.892	26.40	44.34

ตาราง 3.1 (ต่อ)

Organic loading rate (kg.cod/m ³ -day)	Peak	Time	Area % Air+CH ₄ +CO ₂	Area % CH ₄ +CO ₂
4.89	Air	0.420	26.08	-
	CH ₄	0.571	38.14	52.06
	CO ₂	0.888	35.11	47.93
4.89	Air	0.420	26.20	-
	CH ₄	0.573	38.95	52.69
	CO ₂	0.890	34.96	47.30
4.89	Air	0.417	27.50	-
	CH ₄	0.565	37.80	53.13
	CO ₂	0.880	33.34	46.86
7.33	Air	0.376	22.46	-
	CH ₄	0.507	39.15	51.01
	CO ₂	0.840	37.59	19.09
7.33	Air	0.368	24.59	-
	CH ₄	0.502	37.05	49.69
	CO ₂	0.833	33.50	50.31
7.33	Air	0.370	26.08	-
	CH ₄	0.508	38.24	51.97
	CO ₂	0.850	35.34	48.03
7.33	Air	0.369	22.46	-
	CH ₄	0.510	39.30	50.91
	CO ₂	0.845	37.89	49.09
7.33	Air	0.375	26.14	-
	CH ₄	0.510	38.32	51.74
	CO ₂	0.847	35.74	48.26
7.33	Air	0.371	22.46	-
	CH ₄	0.510	39.48	50.88
	CO ₂	0.848	38.10	49.12

ตาราง ง.1 (ต่อ)

Organic loading rate (kg.cod/m ³ -day)	Peak	Time	Area % Air+CH ₄ +CO ₂	Area % CH ₄ +CO ₂
14.67	Air	0.376	22.16	-
	CH ₄	0.508	38.72	50.82
	CO ₂	0.841	37.48	49.18
14.67	Air	0.380	24.90	-
	CH ₄	0.510	36.12	48.77
	CO ₂	0.845	37.94	51.23
14.67	Air	0.417	59.37	-
	CH ₄	0.567	17.67	47.1
	CO ₂	0.850	19.84	52.9
14.67	Air	0.420	24.90	-
	CH ₄	0.567	35.12	48.56
	CO ₂	0.850	37.20	51.43
14.67	Air	0.374	21.87	-
	CH ₄	0.505	38.75	50.65
	CO ₂	0.836	37.75	49.35
14.67	Air	0.380	22.40	-
	CH ₄	0.548	37.90	49.65
	CO ₂	0.870	38.42	50.35

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพ 1.2 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ มีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยวิธี Gas chromatograph



=====
Area Percent Report
=====

Data File Name : C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001F5268.D
 Operator : SUNEE Page Number : 1
 Instrument : ANALYZER1 Vial Number : 1
 Sample Name : 1 Injection Number :
 Run Time Bar Code : Sequence Line :
 Acquired on : 25 Jun 98 08:33 AM Instrument Method: NO2.MTH
 Report Created on: 25 Jun 98 08:37 AM Analysis Method : NO2.MTH

g. 1 in C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001F5268.D

Pk#	Ret Time	Area	Height	Type	Width	Area %
1	0.368	201936	107762	BH S	0.027	22.5421
2	0.497	388046	105298	HB S	0.054	43.3176
3	0.840	299093	60785	BB T	0.075	33.3877
4	2.908	1430	157	BV	0.131	0.1597
5	3.116	5312	357	VB	0.216	0.5929

Total area = 895816

หมายเหตุ Peak#1 = Air
 Peak#2 = CH₄
 Peak#3 = CO₂

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณการเปลี่ยน %Area(Air+CH₄+CO₂) เป็น %Area(CH₄+CO₂)

- จากผลการวิเคราะห์พบว่า % Area(Air+CH₄+CO₂) มีค่าดังนี้

$$\text{Air} = 22.54\% \text{ (peak\#1)}$$

$$\text{CH}_4 = 43.31\% \text{ (peak\#2)}$$

$$\text{CO}_2 = 33.38\% \text{ (peak\#3)}$$

$$\therefore \text{รวม CH}_4 + \text{CO}_2 = 43.31 + 33.38 = 76.69\%$$

เนื่องจากในระบบการย่อยแบบไร้อากาศจะได้ผลผลิตเฉพาะ มีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น จึงนำเฉพาะค่าพื้นที่ใต้กราฟของ มีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ มาคำนวณ

$$\therefore \% \text{CH}_4 = (100 \times 43.31) / 76.69 = 56.47\%$$

$$\% \text{CO}_2 = (100 \times 33.38) / 76.69 = 43.53\%$$

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ๑.1 ค่าตะกอนแขวนลอยต่อพื้นที่ผิวตัวกลาง และตะกอนโคลาไธล์ต่อพื้นที่ผิวตัวกลาง

อัตรากระอินทรีย์ (กก.ซีไอ/กก.ส.ม.-วัน)	ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	ตะกอนโคลาไธล์ (มก./ล.)	ค่าตะกอนแขวนลอย ต่อพื้นที่ผิวตัวกลาง (มก./ล./ม ² /ม ³ ของตัวกลาง)	ตะกอนโคลาไธล์ ต่อพื้นที่ผิวตัวกลาง (มก./ล./ม ² /ม ³ ของตัวกลาง)
4.89	2280	1460	20.9	13.4
	2620	1760	24.0	16.1
	2450	1640	22.5	15.0
4.89(ค่าเฉลี่ย)	2450	1620	22.4	14.8
14.67	4380	4050	40.2	37.2
	4520	4130	41.5	37.9
	4430	4170	40.6	38.3
14.67(ค่าเฉลี่ย)	4443	4110	40.7	37.7

หมายเหตุ พื้นที่ผิวตัวกลาง 109 ม²/ม³ของตัวกลาง

ตาราง ๑.2 อัตราการผลิตก๊าซมีเทน

อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	วัน/เดือน/ปี	ปริมาณที่ผลิตได้ (ลิตร)	เปอร์เซ็นต์ ก๊าซมีเทน	อัตราการผลิตก๊าซมีเทน (ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด)
3.67	19 พ.ค. 41	10.2	59	0.12
3.67	20 พ.ค. 41	10.4	57	0.12
4.89	9 ธ.ค. 41	19.5	53	0.24
7.33	15 พ.ค. 41	30.2	49	0.23
7.33	18 พ.ค. 41	28.9	52	0.23
7.33	19 พ.ค. 41	25.9	51	0.26
7.33	20 พ.ค. 41	28	52	0.22
14.67	16 ธ.ค. 41	38.5	50	0.27

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการวิเคราะห์กรดระเหยง่าย

1. นำน้ำตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร

2. ทำการไตเตรตน้ำตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 0.1 N. จนกระทั่งค่าพีเอชเป็น 5.75 จดปริมาณกรดที่ใช้ และไตเตรตต่อจนค่าพีเอชเป็น 4.3 จดปริมาณกรดที่ใช้ โดยปริมาณกรดที่ใช้เปลี่ยนค่าพีเอชจาก 5.75 เป็น 4.3 ใช้ในการคำนวณหาค่าปริมาณกรดระเหยง่าย

$$\text{ปริมาณกรดระเหยง่าย} = \frac{\text{ปริมาณกรดซัลฟูริก(มก./ล.)} \times 0.1 \text{ N} \times 50000}{50}$$

วิธีการวิเคราะห์สภาพความเป็นด่างทั้งหมด

1. นำน้ำตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร

2. ทำการไตเตรตน้ำตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 0.1 N. จนกระทั่งค่าพีเอช 4.3 จดปริมาณกรดที่ใช้ โดยปริมาณกรดที่ใช้เปลี่ยนค่าพีเอชจากเริ่มต้น เป็น 4.3 ใช้ในการคำนวณหาสภาพความเป็นด่างทั้งหมด

$$\text{สภาพความเป็นด่างทั้งหมด} = \frac{\text{ปริมาณกรดซัลฟูริก(มก./ล.)} \times 0.1 \text{ N} \times 50000}{50}$$

ประวัติผู้เขียน

นาย โรมัน ว่องวิไลรัตน์ เกิดวันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ.2517 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2539



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย