การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดกับที่สำหรับร้านอาหารริมน้ำ

นายณฤทธิ์ สนทอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547
ISBN 974-53-1591-5
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF SMALL-SCALE ON-SITE WASTEWATER TREATMENT SYSTEM FOR RIVERSIDE RESTAURANT

Mr.Narit Sonthong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-Department)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2004

ISBN 974-53-1591-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดกับที่สำหรับร้านอาหารริมน้ำ
โดย	นายณฤทธิ์ สนทอง
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว.กัลยา ติงศภัทิย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

..... กรรมการ
(ดร.พอจำ อรัณยกานนท์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายณฤทธิ์ สนทอง : การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดกับที่สำหรับร้านอาหารริมน้ำ (DEVELOPMENT OF SMALL-SCALE ON-SITE WASTEWATER TREATMENT SYSTEM FOR RIVERSIDE RESTAURANT) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, 104 หน้า. ISBN 974-53-1591-5

การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดกับที่สำหรับร้านอาหารริมน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กสำหรับบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารให้ได้ประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์สูงที่สุด โดยทำการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสีย 3 รูปแบบ คือ แบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 56 (32+24) ชั่วโมง และระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองแบบเติมอากาศสัมผัส ที่มีระยะเวลาเก็บกักต่างกัน คือ ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 68 (32+18+18) และ 80 (32+24+24) ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งแต่ละระบบมีค่าอัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.4 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทำการทดลอง 1 ครั้งต่อสัปดาห์ รวม 16 ครั้ง พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก ของแข็งละลายได้ทั้งหมด ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และน้ำมันและไขมัน ได้ร้อยละ 95.14 95.48 99.55 15.37 96.95 94.60 และ 94.61 ตามลำดับ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 68 (32+18+18) ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียพารามิเตอร์ดังกล่าวร้อยละ 95.17 97.13 98.95 92.84 25.40 98.12 และ 87.37 ตามลำดับ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ +กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 80 (32+24+24) ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 95.76 98.11 97.34 93.98 13.41 97.35 และ 99.06 ตามลำดับ โดยพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ สามารถบำบัดน้ำเสียพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดีไม่แตกต่างกัน ยกเว้นประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น ที่พบว่าระบบที่มีถังกรองไร้อากาศสามารถบำบัดได้ดีกว่าและแตกต่างจากระบบที่ไม่มีถังกรองไร้อากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อีกทั้งพบว่าระบบที่มีถังกรองไร้อากาศที่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 68 (32+18+18) ชั่วโมง สามารถบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดได้สูงที่สุดและแตกต่างจากระบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่โดยสรุประบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และน้ำมันและไขมันได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ง ยกเว้นของแข็งละลายได้ทั้งหมดซึ่งไม่สามารถบำบัดได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ง โดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีมีระยะเวลาเก็บกัก 56 (32+34) ชั่วโมงมีการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ต่ำสุด จึงเป็นระบบที่มีความเหมาะสมทั้งทางด้านประสิทธิภาพและความคุ้มทุนทางด้านเศรษศาสตร์สำหรับร้านอาหารริมน้ำ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2547 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4489067320 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD: SEPTIC /ANAEROBIC FILTER / AERATED FILTER / INTERMITTENT / MEDIA

NARIT SONTHONG: DEVELOPMENT OF SMALL-SCALE ON-SITE WASTEWATER TREATMENT SYSTEM FOR RIVERSIDE RESTAURANT. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. CHAWALIT RATANATAMSKUL Ph.D., THESIS COADVISOR: ASSOC. PROF. ORATHAI CHAVALPARIT, 104 pp. ISBN 974-53-1591-5

The objective of development of small-scale on-site wastewater treatment for riverside restaurant were to compare the treatment efficiency of Septic+Aerobic fixed-film reactor system with hydraulic retention time (HRT) 56 (32+24) hours and Septic+Submerged anaerobic+Aerobic fixed-film reactor systems with HRT 68 (32+18+18) and 80 (32+24+24) hours, respectively. Each system was fed by riverside restaurant wastewater with flow rate 3.0 m^3/d and organic loading rate 2.4 kg BOD/m^3-d. The experiment was repeated 16 times. Moreover, in the order to find out the best system for treated wastewater from riverside restaurant in the economic aspect. The results indicated that the efficiency of BOD, suspended solids, settleable solids, total dissolved solids, sulfide, TKN and grease and oil of the Septic+Aerobic fixed-film reactor system were 95.14, 95.48, 99.55, 15.37, 96.95, 94.60, and 94.61%, respectively, The Septic+Submerged anaerobic+Aerobic fixed-film reactor system with HRT 32 + 18+ 18 were 95.17, 97.13, 98.95, 92.84, 25.40, 98.12, and 87.37%, respectively, and the Septic+Submerged anaerobic+Aerobic fixed-film reactor system with HRT 32 + 24 + 24 hours were 95.76, 98.11, 97.34, 93.98, 13.41, 97.35, and 99.06%, respectively. The study revealed that all of 3 systems were not significantly difference effective for treating wastewater from riverside restaurant, except the efficiency of the systems which consist of the submerged anaerobic system were high removing TKN, significant ($p<0.05$), and the system which had HRT 32 + 18 + 18 hours treated total dissolved solids better than another systems ($p<0.05$). However, the experiment observed that all of parameters in the effluent of those small-scale on-site wastewater treatment systems were passed the standard of Building Effluents Standards (categories D) of the Pollution Control Department, except total dissolved solid. In the economic aspect found that the lowest cost system was the Septic+Aerobic fixed-film reactor system with HRT 56 (32+24) hours. In conclusion, the Septic+Aerobic fixed-film reactor system with HRT 56 (32+24) hours was suitable in efficiency and economic aspects for used as the small-scale on-site wastewater system for river side restaurant.

Field of study Environmental Science (Inter-Department) Student's signature .....

Academic year 2004 Advisor's signature .....

Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำสั่งสอน ตลอดจนความคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่กรุณาเสียสละเวลาเพื่อเป็นประธานสอบวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอลพระคุณ รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ และ ดร.พอจำ อรัณยกานนท์ ที่กรุณาสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรย์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย และภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการในการวิจัย

ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนๆ ที่คอยให้คำปรึกษาและกำลังใจตลอดระยะเวลาการทำวิจัย จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ ท้ายนี้ขอขอบคุณกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ทุนอุดหนุนในการวิจัยครั้งนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญรูป.....ฎ
บทที่
1. บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
2. การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 น้ำเสียจากร้านอาหาร.....3
2.2 การบำบัดน้ำเสีย.....7
2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มตรึง.....16
2.4 ถังเกรอะ.....24
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....26
3. แผนการทดลองและดำเนินการวิจัย.....30
3.1 แผนการทดลอง.....30
3.2 ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง.....31
3.3 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์.....34
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....34
4. ผลการทดลอง.....35
4.1 ลักษณะทั่วไปในการทดลอง.....35
4.2 ลักษณะน้ำเสียในการทดลอง.....36
4.3 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส.....37
4.4 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง.....45

หน้า

4.5 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง……..…….53
4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย.....59
4.7 การศึกษาความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อการนำไปใช้.....64
4.8 แนวทางยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำ.....69
5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....71
5.1 สรุปผลการศึกษา.....71
5.2 ข้อเสนอแนะ.....73
รายการอ้างอิง.....74
ภาคผนวก.....78
ภาคผนวก ก.....79
ภาคผนวก ข.....83
ภาคผนวก ค.....87
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....104

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สมบัติของน้ำเสียก่อนเข้าระบบที่ความน่าจะเป็น 50 %....4

2.2 ผลของแอมโมเนียที่มีต่อกระบวนการหมักเกิดก๊าซมีเทนในกระบวนการไร้อากาศ....15

2.3 สภาพความเป็นพิษที่เกิดอย่างต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน....16

3.1 เปรียบเทียบราบละเอียดระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 แบบ....31

3.2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ....32

4.1 สรุปคุณภาพน้ำเสียจากร้านอาหารริมน้ำทั้ง 3 แห่ง....36

4.2 คุณภาพของน้ำเสีย น้ำทิ้ง และประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....37

4.3 คุณภาพของน้ำเสีย น้ำทิ้ง และประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง....45

4.4 คุณภาพของน้ำเสีย น้ำทิ้งและประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง....53

4.5 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของทั้ง 3 ระบบ....60

4.6 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....64

4.7 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....65

4.8 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง....66

4.9 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง....66

4.10 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง....67

4.11 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง....67

4.12 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ....68

4.13 ค่าเฉลี่ย และค่า P50 ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง และแนวทางในการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำ....69

ตารางที่ หน้า

5.1 แนวทางในการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้ง.....72

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ขั้นตอนของปฏิกิริยาไร้อากาศ....10

2.2 ฟิล์มจุลินทรีย์ที่เกาะบนผิวตัวกลางของระบบใช้อากาศ....17

2.3 ถังกรองแบบเติมอากาศสัมผัส....20

2.4 ถังกรองไร้อากาศ....22

2.5 ตัวกลางที่ใช้ในถังกรองไร้อากาศ....22

2.6 ระบบถังเกรอะ....25

3.1 ระบบบำบัดแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....32

3.2 ตัวกลาง....32

3.3 ระบบบำบัดแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกัก 68 (32+18+18) ชั่วโมง....33

3.4 ระบบบำบัดแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกัก 80 (32+24+24) ชั่วโมง....33

4.1 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....40

4.2 ปริมาณบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....40

4.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....40

4.4 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....43

4.5 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....43

4.6 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....43

4.7 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....44

4.8 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....44

4.9 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส……..44

4.10 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง……..……48

รูปที่ หน้า

4.11 ปริมาณบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง.....48
4.12 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง……...……48
4.13 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง…….....50
4.14 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง……...……50
4.15 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง…….…….50
4.16 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง.....52
4.17 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง……...52
4.18 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง……..…52
4.19 ปริมาณพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง……..55
4.20 ปริมาณบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง……..55
4.21 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง……...……55
4.22 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง……...……57
4.23 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง…….....57
4.24 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง…….……57

รูปที่ หน้า

4.25 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรอง ไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง…….....58
4.26 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรอง ไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง……...…58
4.27 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศ สัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง.....58
4.28 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมของทั้ง 3 ระบบ.....61

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันนั้นได้ทวีความรุนแรงขึ้น มลพิษทางน้ำเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างหนึ่งที่ได้ทวีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งสาเหตุของปัญหาส่วนใหญ่มาจากการกระทำของมนุษย์ เช่น น้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียชุมชน เป็นต้น ร้านอาหารนั้นจัดเป็นกิจกรรมของชุมชนประเภทหนึ่ง ในปัจจุบันนั้นร้านอาหารได้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยการจัดการน้ำเสียของร้านอาหารโดยทั่วๆ ไปในประเทศมักจะมีการบำบัดน้ำเสียเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำส้วม แต่น้ำเสียจากส่วนอื่นๆ ของร้านอาหาร เช่น น้ำเสียจากห้องครัว น้ำเสียจากการประกอบอาหาร ซักล้างภาชนะ ล้างพื้นอาคาร มักจะถูกปล่อยลงทางน้ำสาธารณะ ยิ่งถ้าเป็นร้านอาหารที่อยู่บริเวณริมน้ำ น้ำเสียเหล่านี้จะถูกปล่อยลงแม่น้ำ ลำคลองโดยตรง ซึ่งจะมีส่วนสำคัญที่ทำให้แม่น้ำ ลำคลองเกิดการเน่าเสียและก่อให้เกิดอันตรายต่อพืชน้ำ สัตว์น้ำ และมนุษย์

วิธีการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารริมน้ำที่คาดว่าน่าจะเหมาะสมที่สุดน่าจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite System) เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมนั้นยังไม่มีการจัดทำอย่างทั่วถึงในแต่ละพื้นที่ การออกแบบและจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับร้านอาหารนั้น จะต้องเป็นระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพ สามารถที่จะดูแลรักษาได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่ไม่สูงนัก

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส เป็นระบบที่สามารถรองรับภาระบีโอดี (BOD loading) ได้ดี และเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ ดูแลรักษาง่าย โดยในระบบจะมีตัวกลาง (Media) ไว้ให้จุลินทรีย์ได้ยึดเกาะ ส่วนอีกระบบหนึ่งที่น่าสนใจคือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ซึ่งในระบบนี้การเพิ่มถังกรองไร้อากาศน่าจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดีในน้ำเสียดีขึ้น ระบบทั้งสองจึงน่าที่จะศึกษาถึงประสิทธิภาพและความเหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารริมน้ำต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพัฒนาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับร้านอาหารริมน้ำ โดยออกแบบติดตั้งระบบ 3 รูปแบบ คือ
   1) ระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส
   2) ระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง
   3) ระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง
2. เพื่อศึกษาผลของ Shock Load ที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียภายในระบบ
3. เพื่อศึกษาความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์
4. เพื่อเป็นแนวทางในการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหาร

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

พัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส และระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดอยู่กับที่ที่เหมาะสมสำหรับร้านอาหารริมน้ำ มีระยะเวลาในการศึกษาประมาณ 3-5 เดือน หรือจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว โดยทำการรับน้ำเสียจริงโดยตรงจากร้านอาหารริมน้ำที่มีพื้นที่ 100-250 ตารางเมตร ซึ่งตั้งอยู่ติดริมน้ำ จำนวน 3 ร้าน ได้แก่

1. ร้านชายน้ำ หมู่ที่ 6 ต.เกาะเรียน อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา
2. ร้านครัวน้อง เลขที่ 54/2 ต.น้ำเต้า อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา
3. ร้านชายน้ำ เลขที่ 56/2 ต.บางปลากด อ.ป่าโมกข์ จ.อ่างทอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ สำหรับบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารริมน้ำ
2. เพื่อเป็นแนวทางในการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำ

บทที่ 2

การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสียจากร้านอาหาร

ร้านอาหารเป็นธุรกิจประเภทหนึ่งที่ก่อให้เกิดน้ำเสียขึ้น ซึ่งน้ำเสียจากร้านอาหารจัดว่าเป็นน้ำเสียชุมชน (Municipal wastewater) ประเภทหนึ่ง (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2545) ซึ่งเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดมลภาวะทางน้ำ ทั้งในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล มากเป็นอันดับที่สอง รองจากน้ำเสียจากกิจกรรมในบ้านเรือน คือ ร้อยละ 36 และ 54.1 ตามลำดับ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2530)

น้ำเสียจากร้านอาหารส่วนใหญ่ มาจากกิจกรรมการซักล้าง อาทิ การซักล้างวัสดุที่ใช้ประกอบอาหาร ภาชนะ และการล้างพื้นอาคาร ส่วนกิจกรรมอื่นที่ก่อให้เกิดน้ำเสียนอกจากกิจกรรมการซักล้าง ได้แก่ น้ำเสียจากห้องครัว และน้ำเสียจากการประกอบอาหาร เป็นต้น ซึ่งน้ำเสียจากกิจกรรมเหล่านี้มักจะถูกละเลย และไม่ได้รับการบำบัดในขั้นต้นก่อนปล่อยลงสู่รางน้ำสาธารณะ เช่นเดียวกับน้ำเสียจากห้องน้ำ-ห้องส้วม ซึ่งผ่านระบบบำบัดขั้นต้น (ถังเกรอะ) ก่อนที่จะปล่อยสู่ระบบรวมรวมน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียรวมต่อไป ดังนั้นน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในร้านอาหาร ซึ่งเป็นน้ำเสียส่วนใหญ่จึงถูกปล่อยลงสู่รางน้ำสาธารณะ ก่อนที่จะถูกรวบรวมไปยังระบบบำบัดน้ำเสียรวมในบริเวณใกล้เคียง

สำหรับร้านอาหารที่อยู่ริมน้ำ พบว่าส่วนมากน้ำเสียมาจากกิจกรรมต่าง ๆ นอกจากน้ำเสียจากห้องน้ำ-ห้องส้วม แม้ว่าจะมีมาตรการให้ใช้บ่อดักไขมันก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียออกไป ซึ่งน้ำเสียจากร้านอาหารที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง อีกทั้งมีน้ำมันและไขมันปนเปื้อน อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และน้ำให้ทัศนียภาพอันสวยงามของแหล่งน้ำสูญเสียไป

2.2.1 สมบัติของน้ำเสียจากร้านอาหาร

การศึกษาสมบัติน้ำเสียจากร้านอาหารมีไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะโดยมากจะศึกษารวมอยู่ในรูปของน้ำเสียชุมชน แต่อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีผู้ศึกษาสมบัติน้ำเสียในภาพรวม อาทิ ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2530) ศึกษาสมบัติของน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล พบว่า น้ำเสียจากร้านอาหารเป็นน้ำเสียชุมชนประเภทหนึ่งซึ่งมีค่าความสกปรกสูงมาก โดยพบว่า ค่าบีโอดีสูงถึง

49,660 กิโลกรัม บีโอดี/วัน และรายงานเพิ่มเติมว่า น้ำเสียจากครัวเรือนซึ่งเป็นน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นเหล่านี้มีความสกปรกสูงกว่าน้ำเสียจากห้องน้ำ-ห้องส้วมที่ผ่านบ่อเกรอะเสียอีก นอกจากนี้ พงษ์ระพิณฑ์ ยุวพันธุ์ (2535) รายงานว่า น้ำเสียจากโรงอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีสมบัติของ พีเอช อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น ไขมันและน้ำมัน และแอมโมเนียไนโตรเจน ณ จุดเก็บตัวอย่าง 5 จุดได้แก่ (1) ก่อนเข้าบ่อดักไขมัน (2) บ่อดักไขมันบ่อที่ 1 (3) บ่อดักไขมันบ่อที่ 2 (4) บ่อดักไขมันบ่อที่ 3 และ (5) ถัง Feed ตามลำดับ แสดงผลได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมบัติของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ที่ความน่าจะเป็น 50 %

ตัวแปร	จุดเก็บตัวอย่าง				
	ก่อนเข้าบ่อดักไขมัน	บ่อดักไขมันบ่อที่ 1	บ่อดักไขมันบ่อที่ 2	บ่อดักไขมันบ่อที่ 3	ถัง Feed
พีเอช	4.4	3.7	3.5	3.6	5.9
อุณหภูมิ	29.19	29.23	28.75	29.23	28.00
ของแข็งแขวนลอย	405.0	324.5	350.0	314.5	126.7
บีโอดี	1360	1080	1030	820	490
ซีโอดี	1840	1320	1000	860	606
ทีเคเอ็น	9.0	13.2	11.2	22.5	7.0
ไขมันและน้ำมัน	550	220	98	96	26
แอมโมเนียไนโตรเจน	0.40	0.66	0.66	0.74	0.39

<u>หมายเหตุ</u> 1. หน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร ยกเว้น พีเอชและอุณหภูมิ

2. n = 5 ยกเว้นที่ถัง Feed มี n ของพีเอช อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น แอมโมเนียไนโตรเจน และไขมันและน้ำมัน เท่ากับ 58, 58, 53, 56, 54, 51, 52, และ 59 ตามลำดับ

ที่มา : พงษ์ระพิณฑ์ ยุวพันธุ์ (2535)

2.1.2 ผลกระทบของน้ำเสียจากร้านอาหารริมน้ำ

น้ำเสียจากร้านอาหารที่อยู่บริเวณห่างไกลจากแหล่งน้ำ ส่วนใหญ่จะถูกระบายลงสู่รางน้ำสาธารณะ และรวบรวมสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมต่อไป ในขณะที่น้ำเสียจากร้านอาหารที่อยู่ริมน้ำ จะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรงแทบทั้งสิ้น ซึ่งแหล่งรองรับน้ำเสียอาจเป็นทั้งแหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งได้แก่ ห้วย หนอง และบึง ส่วนแหล่งน้ำไหล ได้แก่ คลอง ลำธาร และแม่น้ำ เป็นต้น แต่ถ้าร้านอาหารอยู่ใกล้ชายทะเล น้ำเสียก็จะถูกปล่อยลงสู่ทะเลโดยตรง

ผลกระทบของน้ำเสียจากร้านอาหารต่อแหล่งน้ำ ส่วนมากจะมีความคล้ายคลึงกับผลกระทบจากน้ำเสียชุมชน แต่ สารอินทรีย์ เศษอาหาร ไขมันและน้ำมัน ซึ่งเป็นสิ่งสกปรกหลัก ๆ ซึ่งจัดว่าเป็นมลภาวะในรูปของ สารอินทรีย์ ของแข็งแขวนลอย และ ไขมันและน้ำมัน สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

2.1.2.1 สารอินทรีย์

สารอินทรีย์ หมายถึง สารประกอบที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก และรวมกับธาตุอื่น ตั้งแต่หนึ่งธาตุขึ้นไป สารอินทรีย์ในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของ ไขมัน น้ำมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นรูปที่ย่อยสลายง่ายโดยจุลินทรีย์ เช่น แป้ง น้ำตาล เป็นต้น (นันทชัย ศรีนภาวงศ์, 2543)

สำหรับสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจากร้านอาหาร พบทั้งพวกที่เป็นสารแขวนลอย ซึ่งมีอนุภาคค่อนข้างใหญ่ เช่น เศษผัก ไขมันและน้ำมัน รวมไปถึงสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ เช่น แป้ง และน้ำตาล เป็นต้น

น้ำเสียจากร้านอาหารมีปริมาณสารอินทรีย์ในรูปต่าง ๆ ค่อนข้างสูงจาก ถ้าหากถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ จะส่งผลให้แบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน (Aerobic bacteria) ในแหล่งน้ำย่อยสลายสารอินทรีย์จำนวนมาก เป็นผลให้ออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen : DO) ในแหล่งน้ำต่ำลง ซึ่งถ้าต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร สัตว์น้ำ เช่น ปลา จะไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ และถ้าต่ำถึง 0 มิลลิกรัม/ลิตร จะทำให้น้ำเป็นสีดำ ส่งกลิ่นเน่าเหม็น เนื่องจากเกิดกระบวนการย่อยสลายโดยแบคทีเรียพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจนแทน (Anaerobic bacteria) ส่งผลให้แหล่งน้ำไม่น่าดู และสูญเสียสภาพตามธรรมชาติไป

2.1.2.2 ของแข็ง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดจะประกอบด้วย ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Total suspended solid) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Total dissolved solid) ซึ่งของเข็งทั้งหมดจะประกอบด้วย ของแข็งที่สามารถระเหยได้ ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส รวมกับของแข็งที่ไม่ระเหย ซึ่งส่วนที่ระเหยไปก็คือปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ขณะที่ส่วนที่ไม่ระเหยเป็นปริมาณของสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย

ของแข็งแขวนลอยเป็นของแข็งประเภทหนึ่ง ซึ่งหมายถึง ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ อาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำ จะทำให้น้ำขุ่น และเมื่อความเร็วของน้ำลดลง อาจทำให้ของแข็งที่แขวนลอยอยู่ตกตะกอนทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน ตลอดจนอาจเกิดการย่อยสลาย (ของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์) แบบไม่ใช้ออกซิเจนที่บริเวณส่วนล่างของลำน้ำ ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของสัตว์หน้าดิน และสัตว์น้ำบางชนิดได้

2.1.2.3 ไนโตรเจน

ในน้ำเสียมีสารประกอบไนโตรเจนหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น รูปของไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย และอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งสารประกอบเหล่านี้สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือรีดักชัน เปลี่ยนรูปไปมาตามวัฏจักรของไนโตรเจนในน้ำได้ และไนโตรเจนอาจถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศในรูปของก๊าซ ซึ่งได้แก่ ก๊าซไนโตรเจนและไนตรัสออกไซด์ อินทรีย์ไนโตรเจนที่พบในน้ำเสียอาจพบทั้งในรูปที่ละลายน้ำหรือเป็นของแข็งแขวนลอย ซึ่งอาจอยู่ในรูปของโปรตีน เพปไทด์ กรดนิวคลิอิก และยูเรีย (US EPA, 2000)

สารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสียจากร้านอาหาร คาดว่าจะมาจากส่วนประกอบของอาหาร เช่น จากพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน อีกทั้งยังอาจรวมไปถึงพวกยูเรียจากน้ำปัสสาวะจากห้องน้ำห้องส้วมด้วย

ผลกระทบจากไนโตรเจนจากน้ำเสียต่อแหล่งน้ำที่สำคัญ คือ การเกิดปัญหายูโทรฟิเคชัน เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ เช่นพวกสาหร่าย โดยจะเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายทำให้เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในแหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งจะก่อให้เกิดภาวะสาหร่ายเบ่งบาน (algae bloom) ส่งผลให้แหล่งน้ำเป็นสีเขียว ซึ่งเมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลง แบคทีเรียจะใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นจำนวนมาก ทำให้ขาด

ออกซิเจนละลายในแหล่งน้ำ และส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542; ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2545)

2.1.2.4 ซัลเฟอร์

ซัลเฟอร์เป็นสารที่อยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของ Amino acids ของโปรตีน สารซัลเฟอร์ในน้ำเสียมีหลายรูป ได้แก่ Organic sulfer, Hydrogen sulfide (H_2S), ซัลเฟอร์ (S) และซัลเฟต (SO_4^{2-}) เป็นต้น ซึ่งสารประกอบซัลเฟอร์สามารถเปลี่ยนรูปไปมาตามวัฏจักรซัลเฟอร์ได้โดย Sulfate reducing bacteria (Lens et al., 1995) ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้จะเปลี่ยนรูปซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านกลิ่น เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะส่งกลิ่นเน่าเหม็นเหมือนไข่เน่าในน้ำเสีย และอาจเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดซัลฟูริกซึ่งก่อให้เกิดการกัดกร่อนในท่อน้ำด้วย (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542)

2.1.2.5 น้ำมันและไขมัน

น้ำมันและไขมัน ส่วนใหญ่มาจากการประกอบอาหาร และการซักล้างภาชนะ ไขมันและน้ำมันเป็นสารอินทรีย์ที่ลอยน้ำได้ ถ้าปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำอาจทำให้แหล่งน้ำที่รองรับน้ำเสียมีสภาพไม่น่าดู อีกทั้งขัดขวางการแพร่ของออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้น้ำเน่าเสียได้ง่ายขึ้น

2.2 การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย คือ การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้มีเสถียรภาพดีขึ้น และมีลักษณะสมบัติที่เหมาะสม และสามารถระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางน้ำ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับน้ำเสียชุมชน หรือน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง มักจะบำบัดด้วยวิธีการทางชีวภาพ ซึ่งใช้จุลินทรีย์เป็นตัวย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย โดยกระบวนการย่อยสลายแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน และการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งในแต่ละระบบบำบัดอาจมีกระบวนการย่อยสลายทั้งแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจนในระบบเดียวกัน ตามแต่วัตถุประสงค์ของการบำบัด

2.2.1 การบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic decomposition)

การบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยแบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Aerobic bacteria) ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดทั่วไป จะมีการเติมอากาศลงในน้ำเสีย ให้จุลินทรีย์มีออกซิเจนเพียงพอสำหรับปฏิกิริยาชีวเคมี เพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้มีสารอินทรีย์มีปริมาณลดน้อยลง ซึ่งจุลินทรีย์มีทั้งพวกที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (Suspended) ซึ่งเป็นระบบบำบัดแบบเติบโตแขวนลอย และพวกที่ยึดเกาะกับตัวกลาง (Attached) ซึ่งเป็นระบบแบบฟิล์มชีวภาพ

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน จะเริ่มจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในสภาวะที่มีอากาศเพียงพอย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน กระทั่งเปลี่ยนรูปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ และคาร์บอนบางส่วนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปเนื้อเยื่อของแบคทีเรียเซลล์ใหม่ ดังสมการที่ 2.1 ส่วนอินทรีย์ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจนจะถูกออกซิไดซ์โดยพวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) ด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชันไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรทตามลำดับ ดังสมการที่ 2.2 ซึ่งแบคทีเรียสามารถนำไนเตรทซึ่งเป็นธาตุอาหารไนโตรเจนไปใช้ในการสังเคราะห์เซลล์ใหม่ได้

$$\underset{\text{อินทรีย์คาร์บอน}}{(CH_2O)_n} + \text{ธาตุอาหาร} \xrightarrow[O_2]{\textit{Aerobic bacteria}} CO_2 + \text{แบคทีเรียเซลล์ใหม่} \qquad (2.1)$$

$$\underset{\text{อินทรีย์ไนโตรเจน}}{NH_3} \xrightarrow[O_2]{\textit{Aerobic bacteria}} NO_2^- \xrightarrow[O_2]{\textit{Aerobic bacteria}} NO_3^- \qquad (2.2)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน

อุณหภูมิ

ความสามารถในการรับสภาวะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เมื่อน้ำมีอุณหภูมิลดลงจะทำให้อัตราการแพร่และอัตราปฏิกิริยาชีวเคมีลดลง เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการแพร่และปฏิกิริยาชีวเคมีก็จะเพิ่มขึ้นด้วย จุลินทรีย์แบบเกาะผิวตัวกลางจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียอยู่ในระดับคงที่

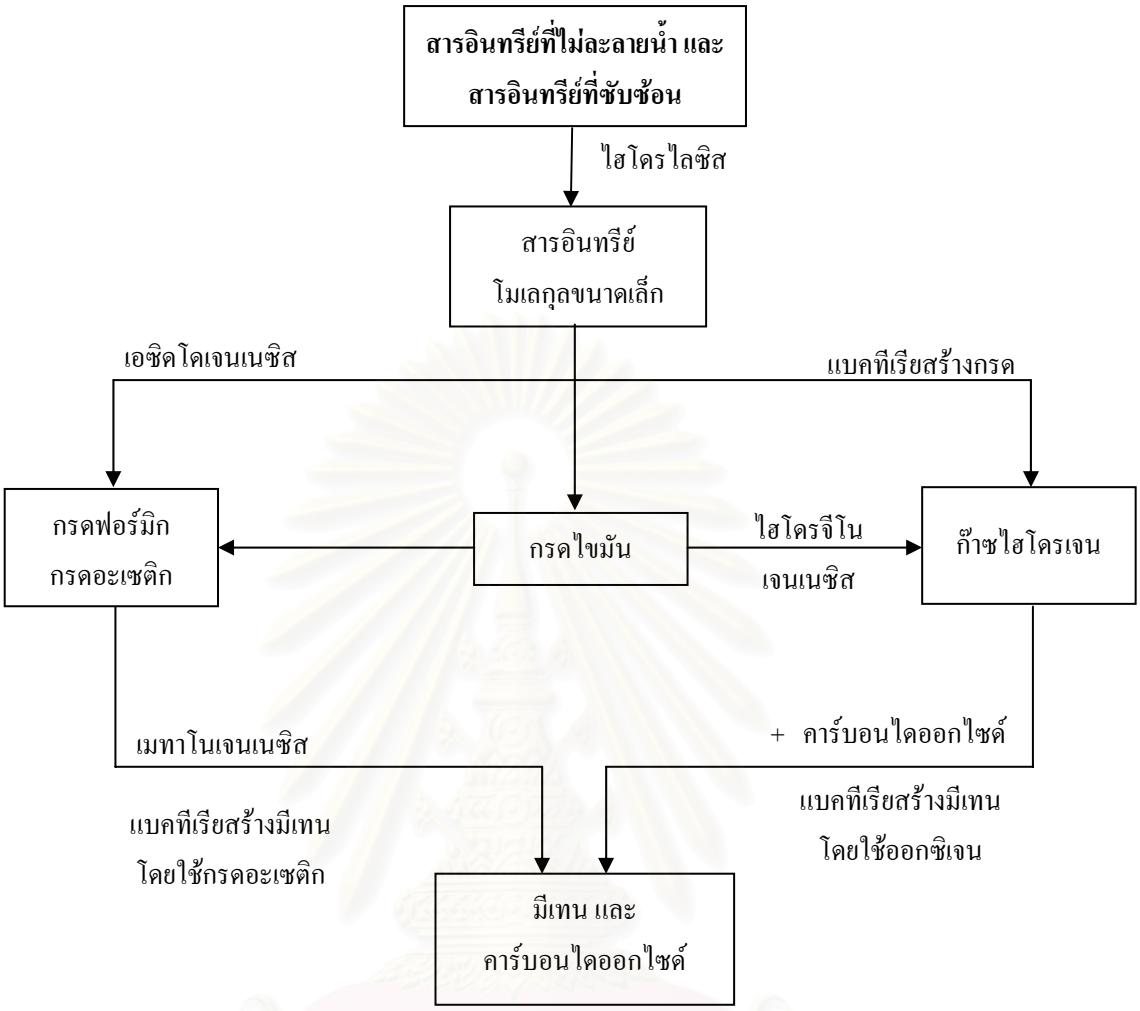
อัตราภาระบรรทุก

ความสามารถในการรับสภาวะเปลี่ยนแปลงอัตราภาระบรรทุก พบว่า เมื่อระบบมีอัตราภาระบรรทุกเพิ่มขึ้นจะเกิดชั้นฟิล์มจุลินทรีย์หนาขึ้นจนถึงระดับหนึ่งเท่าที่ฟิล์มจุลินทรีย์จะเกาะผิวตัวกลางได้โดยที่ไม่หลุดออก

2.2.2 การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic decomposition)

การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์พวกที่เป็นแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ (Anaerobic bacteria) ย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้กลไกทางเคมีแบบออกซิเดชัน-รีดักชันหรือปฏิกิริยารีด๊อกซ์ (Redox) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนเกิดขึ้นระหว่างสารให้อิเล็กตรอนและสารรับอิเล็กตรอน สารอินทรีย์หรือมลสารในน้ำเสียทำหน้าที่เป็นสารให้อิเล็กตรอน (เนื่องจากมีพลังงานสูง) และสารอื่นที่อยู่ในน้ำทำหน้าที่เป็นสารรับอิเล็กตรอน ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรต หรือซัลเฟต การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไร้อากาศเป็นกระบวนการขั้นต้นที่ใช้ลดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เหลือน้อยลง อีกทั้งเป็นกระบวนการที่ประหยัดพลังงานและสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (มั่นสิน ตัลฑุลเวศม์, 2542)

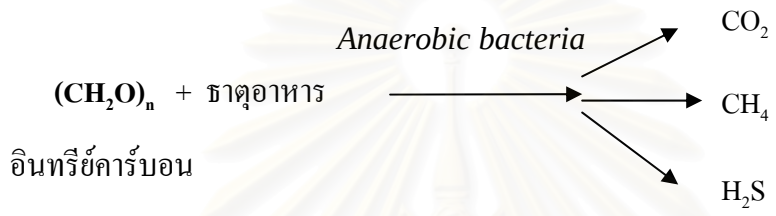
ในถังย่อยไร้อากาศสารอินทรีย์ขนาดเล็กถูกส่งผ่านเข้าไปในเซลล์เมมเบรนของแบคทีเรีย ส่วนสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ต้องถูกย่อยด้วยเอนไซม์ให้มีขนาดเล็กก่อน จึงจะสามารถส่งผ่านเข้าไปในเซลล์ได้ และจะถูกออกซิไดซ์หลายๆครั้งจนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศมีหลายขั้นตอนดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนของปฏิกิริยาไร้อากาศ (มั่นสิน ตัลฑุลเวศม์, 2542)

ปฏิกิริยาที่ใช้ลดขนาดของสารอินทรีย์เพื่อให้สามารถนำเข้าไปในเซลล์ได้ส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) โดยจะใช้เอนไซม์ที่ปล่อยออกมาจากเซลล์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โมเลกุลขนาดเล็กที่เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะถูกใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานของแบคทีเรีย โดยผ่านกระบวนการหมัก (Fermentation) โดยผลสุดท้ายจะมีทั้งสารที่อยู่ในรูปรีดิวซ์และรูปออกซิไดซ์ (มั่นสิน ตัลฑุลเวศม์, 2542)

ผลิตผลส่วนใหญ่ที่เป็นรูปออกซิไดซ์ ได้แก่ กรดอินทรีย์ระเหย (Volatile Acids) ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 5 อะตอม ปฏิกิริยาในการสร้างกรดอินทรีย์เหล่านี้เรียกว่า เอซิดโดเจนเนซิส (Acidogenesis) และแบคทีเรียที่ทำหน้าที่นี้ เรียกว่า *แบคทีเรียสร้างกรด* (มั่นสิน ตัลฑุลเวศม์, 2542) แต่สำหรับผลิตผลที่เป็นรูปรีดิวซ์เป็นสารอินทรีย์หลายประเภทที่มีปริมาณแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียและสภาวะแวดล้อมของถังปฏิกิริยา (สมการที่ 2.3) ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียสร้างกรดบางชนิดสามารถใช้อิออนไฮโดรเจนเป็นสารรับอิเล็กตรอน และเกิดเป็นโมเลกุลของไฮโดรเจนเป็นผลสุดท้ายของปฏิกิริยา



(2.3)

โดยสรุป กระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน อาศัยแบคทีเรีย 3 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ แบคทีเรียสร้างอะเซเตท แบคทีเรียสร้างกรด และแบคทีเรียสร้างมีเทน และมี 4 ขั้นตอนด้วยกัน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

ไฮโดรไลซิส เป็นการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ให้เป็นสารประกอบโมเลกุลเล็กที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดไขมันชนิดยาวตามลำดับ โดยสามารถเกิดขึ้นได้ภายนอกเซลล์แบคทีเรียโดยอาศัยเอนไซม์ที่แบคทีเรียปล่อยออกมาใช้ในการย่อยสลาย

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างกรด (Acidogenesis)

ผลผลิตจากกระบวนการไฮโดรไลซิส จะถูกแบคทีเรียสร้างกรดดูดซึมเข้าไปในเซลล์ เพื่อเป็นอาหารและเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหย (Volatile fatty acid) และผลิตคาร์บอนไดออกไซด์กับไฮโดรเจนด้วยกระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลเล็ก ชนิดของผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ ชนิดของสารอาหาร และความดันพาร์เชียลของไฮโดรเจน

ปฏิกิริยาชีวเคมีในขั้นตอนนี้ อาจทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีพีเอชตกลงมีค่าประมาณ 5.0 และหลังจากที่กรดดังกล่าวถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะส่งผลให้พีเอชเพิ่มขึ้นมีค่าประมาณ 6.8-7.4 โดยในการกำจัดบีโอดีหรือซีโอดีของระบบ ในช่วงแรกจะไม่มีการบำบัดมาก คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าวในช่วงแรก แต่เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการบำบัดบีโอดีหรือซีโอดีได้มากขึ้นพร้อมๆกับการลดลงของกรดไขมันระเหย

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างกรดอะเซติก (Acetogenesis)

แบคทีเรียที่สร้างมีเทนต้องการสารอาหารเฉพาะเจาะจง ได้แก่ กรดอะเซติก กรดฟอร์มิก ไฮโดรเจน เมทานอล และเมทธิลามีน (Methylamine) โดยที่กรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอมไม่อาจใช้เป็นสารอาหารในการผลิตมีเทนได้โดยตรง แบคทีเรียอะเซโตจีนิก (แบคทีเรียสร้างอะซิเตท) มีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวเชื่อมระหว่างขั้นตอนการสร้างกรดและขั้นตอนการสร้างมีเทน แบคทีเรียอะเซโตจีนิค (ผลิตไฮโดรเจนได้) มีความสามารถในการย่อยสลายกรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนต่ำกว่า 2 อะตอมให้กลายเป็นกรดอะเซติก คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน ภายใต้สภาวะที่ไฮโดรเจนมีความดันพาร์เชียลต่ำกว่า 2×10^{-3} บรรยากาศ และต่ำกว่า 9×10^{-3} บรรยากาศสำหรับการย่อยกรดบิวไทริก และกรดโพรไพโอนิกตามลำดับ ดังแสดงในสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

$$CH_3CH_2COOH + 2H_2O \longrightarrow CH_3COOH + CO_2 + 3H_2 \qquad (2.4)$$

$$CH_3CH_2CH_2COOH + 2H_2O \longrightarrow 2CH_3COOH + 2H_2 \qquad (2.5)$$

ขั้นตอนนี้เกิดขึ้นได้เฉพาะในสภาวะที่ไฮโดรเจนมีความดันพาร์เชียลต่ำเท่านั้น กรดไขมันระเหยไม่สามารถย่อยสลายกลายเป็นกรดอะเซติกภายใต้สภาวะที่ไฮโดรเจนมีความดันพาร์เชียลสูง

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างมีเทน

การสร้างมีเทนจะทำให้ กรดอะเซติก และไฮโดรเจนจะถูกแบคทีเรียนำไปใช้สร้างก๊าซมีเทนภายใต้สภาวะไร้อากาศ ดังสมการ 2.6 และ 2.7

$$CH_3COOH + H_2O \longrightarrow CH_4 + H_2CO_3 \qquad (2.6)$$

$$4H_2 + H_2CO_3 \longrightarrow CH_4 + 3H_2O \qquad (2.7)$$

กรดอินทรีย์ระเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นมีเทนได้โดยตรง แบคทีเรียต้องเปลี่ยนกรดอินทรีย์ระเหยต่างๆให้เป็นกรดอะเซติกหรือไฮโดรเจนเสียก่อน จึงจะใช้

ผลิตมีเทนได้ นอกจากกรดอะเซติกและไฮโดรเจนแล้วแบคทีเรียอาจใช้สารอาหารอย่างง่ายอีกเพียงไม่กี่ชนิดในการผลิตมีเทน เช่น เมทานอล กรดฟอร์มิก (HCOOH) ดังสมการที่ 2.8 และ 2.9

$$4CH_3OH \longrightarrow 3CH_4 + CO_2 + 2H_2O \quad (2.8)$$

$$4HCOOH \longrightarrow CH_4 + 3CO_2 + 2H_2O \quad (2.9)$$

แบคทีเรียสร้างมีเทนจำแนกได้ 3 ชนิด ดังนี้

- Obligate acetoclastic methanogen สามารถใช้กรดอะเซติกเป็นแหล่งพลังงานได้เพียงอย่างเดียว (สมการที่ 2.10)

$$CH_3COOH + H_2O \longrightarrow CH_4 + H_2CO_3 \quad (2.10)$$

- Obligate hydrogenotrophic methanogen (H_2 Utilizer) เป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตมีเทนได้จากไฮโดรเจนเพียงอย่างเดียว โดยไฮโดรเจนเป็นพลังงานและมีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน (สมการที่ 2.11)

$$4H_2 + H_2CO_3 \longrightarrow CH_4 + 3H_2O \quad (2.11)$$

- Hydrogentrophic/Acetoclastic Methanogen เป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างมีเทนได้จากกรดอะเซติกหรือไฮโดรเจน แต่มักจะใช้ไฮโดรเจนมากกว่า

โดยลักษณะของ Acetoclastic Methanogens มี 2 จำพวก คือ พวก *Methanosarcina* sp. มีลักษณะเป็นแบคทีเรียรูปทรงกลม (Coccoid bacteria) มีระยะเวลาการขยายพันธุ์อีกเท่าตัวประมาณ 1.5 วัน และพวก *Methanosaeta* sp. เป็นแบคทีเรียรูปทุ่น หรือรูปเส้นยาวๆ มีระยะเวลาการขยายพันธุ์อีกเท่าตัวประมาณ 4 วัน ถึงแม้ว่าพวก *Methanosaeta* sp. จะมีระยะเวลาการขยายพันธุ์ช้ามาก แต่กลับเป็นแบคทีเรียกลุ่มหลักในการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

2.2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จำเป็นต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จึงจะส่งผลให้ปฏิกิริยาชีวเคมีในระบบบำบัดเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพราะระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ต้องการสภาวะที่เหมาะสมในทุกขั้นตอนที่เกิดปฏิกิริยาชีวเคมี ถ้าขั้นตอนใดเกิดความไม่ต่อเนื่อง จะมีผลทำให้ระบบล้มเหลว ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปฏิกิริยา มีดังนี้

อุณหภูมิ

โดยปกติอัตราของปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ 2 ช่วงที่เกิดก๊าซมีเทนได้ดี คือช่วง 30-40 องศาเซลเซียส และช่วง 50-60 องศาเซลเซียส และพบว่าถ้าระบบอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 15-40 องศาเซลเซียส (ช่วง Mesophilic) ก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส

พีเอช

ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนต้องควบคุมระดับพีเอชให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยปกติแบคทีเรียที่สร้างกรดจะอยู่ในช่วงพีเอช 3.5-6.5 และพีเอชที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียที่สร้างมีเทนอยู่ในช่วง 6.6-7.6 ถ้าพีเอชต่ำกว่า 6.6 จะทำให้เกิดกรดอินทรีย์มากกว่าสภาวะปกติ และเมื่อพีเอชสูงกว่า 7.6 จะทำให้แบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนมีปริมาณน้อยลง และถ้ามีพีเอชสูงขึ้นถึง 9.0 จะไม่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของน้ำเสียจะน้อยลง และเมื่อพิจารณาร่วมกันควรมีพีเอชประมาณ 7.0 (ระบบบำบัดนี้อาจมีพีเอชเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา)

สภาพด่างในรูป Alkalinity

ระบบจำเป็นต้องมีความสามารถควบคุมระดับพีเอช (buffering capacity) เพื่อรองรับการเกิดกรดระเหยง่าย และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจำเป็นต้องมีค่า Alkalinity มากเกินพอ โดยทั่วไประบบบำบัดไร้อากาศควรมีสภาพด่างประมาณ 1,500- 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าระบบมีระดับพีเอชที่เหมาะสมแล้ว ควรรักษาระดับพีเอชให้คงที่ตลอดระยะเวลาเดินระบบ บางครั้งอาจใช้ระบบควบคุมพีเอชอัตโนมัติด้วยการเติมสารเคมี ได้แก่ ปูนขาว โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น แต่อาจมีสารอื่นๆที่ให้ปริมาณ Alkalinity ได้แก่ สบู่ เกลือของกรดอินทรีย์ เป็นต้น ปัจจัยที่สำคัญกว่าระดับสภาพด่าง คืออัตราส่วนของความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหย (มิลลิกรัมต่อลิตรของกรดอะเซติก) ต่อระดับของสภาพด่างไบคาร์บอเนต ถ้าอัตราส่วนนี้น้อยกว่า 0.4 ระบบจะมีความสามารถควบคุมระดับพีเอชสูง

ธาตุอาหาร

ธาตุอาหารที่สำคัญในระบบ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โคบอลต์ นิเกิล ระบบนี้มักจะมีรูปของ $C_5H_7NO_2$ โดยมีฟอสฟอรัสประมาณ 0.2 เท่าของไนโตรเจน ซึ่งไนโตรเจนจะอยู่ในรูปแอมโมเนีย ซึ่งปริมาณแอมโมเนียในระบบจะมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบด้วย เพราะปริมาณแอมโมเนียจะมีผลต่อการหมักเกิดก๊าซมีเทนดังตารางที่ 2.2

ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์

กระบวนย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถทำงานได้ดีในช่วงความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในรูปของกรดอะซิติก ประมาณ 200-400 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ปริมาณของกรดอินทรีย์มีความสำคัญน้อยกว่าอัตราการเพิ่มความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ ถ้ามีการเพิ่มอย่างรวดเร็วจะทำให้ระบบเสียสมดุลได้

ตารางที่ 2.2 ผลของแอมโมเนียที่มีต่อกระบวนการหมักเกิดก๊าซมีเทนในกระบวนการไร้อากาศ

แอมโมเนียไนโตรเจน มก./ล.	ผลของแอมโมเนียในระบบบำบัด
50-200	เป็นประโยชน์
200-1000	ไม่มีผลกระทบ
1500-3000	มีประสิทธิภาพลดลงที่พีเอชสูง ๆ
> 3000	เป็นพิษ

ที่มา : McCarty (1964)

ความเป็นพิษ

สารพิษ โลหะหนัก และสารอื่น ๆ ที่มีพิษ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โปแตสเซียม และโซเดียม เป็นต้น จะมีผลต่อการบำบัดน้ำเสียมากกว่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ไหลเข้าระบบ ผลกระทบของเกลือต่าง ๆ ที่มีต่อปฏิกิริยาชีวเคมีของระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยที่ระดับความเข้มข้นของประจุบวกต่างๆ จะมีผลต่อระบบบำบัดทั้งในด้านการกระตุ้น ยับยั้ง และเป็นพิษต่อระบบ (McCarty, 1964)

แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าในระบบมีปริมาณ โซเดียม และโปแตสเซียมที่เหมาะสม ธาตุทั้งสองจะเป็นตัวช่วยลดการเป็นพิษได้ เนื่องจากสามารถจับสารประจุบวกอื่น ๆ ได้ดี

สารพวกซัลเฟตสามารถทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ในสภาวะที่ส่งผลให้เกิดซัลไฟด์ขึ้นในระบบไร้อากาศ ซัลไฟด์เหล่านี้จะไปยับยั้งปฏิกิริยาผลิตก๊าซมีเทน ทำให้การผลิตมีเทนลดลง เพราะฉะนั้น จึงควรควบคุมปริมาณซัลเฟตให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม โดยการใช้โลหะทำให้ตกตะกอนผลึกซัลไฟด์ เช่น การเติมเหล็กลงไปเพื่อกำจัดความเป็นพิษของซัลไฟด์ หรือใช้วิธีไล่ก๊าซ (Stripping) หรือการเจือจางน้ำเสีย

สำหรับพวกโลหะหนัก จะแบ่งเป็นพวกที่ละลาย และไม่ละลายน้ำ โดยพวกที่ละลายน้ำได้ดี จะมีพิษต่อระบบบำบัดมากกว่าโลหะชนิดที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อย ตัวอย่างเช่น เหล็ก และอลูมิเนียม เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำเป็นส่วนใหญ่ ทำให้สารโลหะหนักนี้ไม่เป็นพิษต่อระบบ แต่สารพวกโครเมียม (Cr^{+6}) เป็นพิษต่อระบบค่อนข้างสูงเพราะละลายน้ำได้ดี แต่เมื่อ Cr^{+6} อยู่ในสภาวะไร้อากาศจะเปลี่ยนไปเป็น Cr^{+3} มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ทำให้ความเป็นพิษของระบบลดลงอย่างมาก ส่วนโลหะหนักบางชนิดที่ถึงจะมีปริมาณน้อย ได้แก่ ทองแดง สังกะสี และนิกเกิล แต่กลับมีความเป็นพิษต่อแบคทีเรียในกระบวนการไร้อากาศค่อนข้างสูง

โดยสรุปภาพรวมของความเป็นพิษต่อกระบวนบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทั้งที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่อง สรุปได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สภาพความเป็นพิษที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

สารพิษ	สภาพเป็นพิษที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง	สภาพเป็นพิษที่เกิดขึ้นอย่างไม่ต่อเนื่อง
pH ต่ำ	< 6	< 5
pH สูง	> 8	> 8.5
แอมโมเนีย, NH^{+}_{4} (กรัม/ลบ.ม.)	> 100	> 200
ไฮโดรเจนซัลไฟด์, H_2S (กรัม/ลบ.ม.)	> 250	> 1,000
ไซยาไนด์, CN^{-} (กรัม/ลบ.ม.)	> 5	> 100
ไทรคลอโรมีเทน (กรัม/ลบ.ม.)	> 1	> 50
ฟอร์มาลดีไฮด์ (กรัม/ลบ.ม.)	> 100	> 400
นิกเกิล (Ni) (กรัม/ลบ.ม.)	> 200	> 50

ที่มา : McCarty (1964)

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มตรึง (Fixed film system)

ระบบบำบัดแบบฟิล์มตรึง เป็นระบบบำบัดที่สามารถควบคุมการทำงานได้ง่าย และใช้พลังงานในการเดินระบบต่ำ การบำบัดน้ำเสียจะประกอบด้วยกระบวนการย่อยสลายทั้งแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน โดยการให้น้ำเสียแก่ระบบจะให้แบบไหลผ่านตัวกลาง หรือ Media (ซึ่งมีจุลินทรีย์ยึดเกาะ) อย่างสม่ำเสมอ การให้น้ำในระบบบำบัดแบบฟิล์มตรึงสามารถแบ่งตามลักษณะการไหลได้

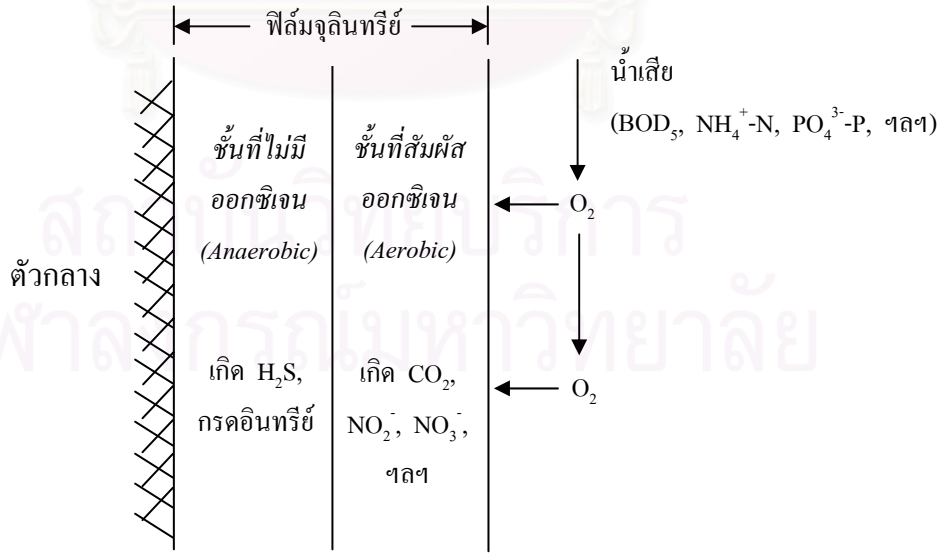
3 แบบ คือ (1) การให้น้ำแบบไหลขึ้น (Up flow) (2) การให้น้ำแบบไหลลง (Down flow) และ (3) การให้น้ำแบบไหลลง-ไหลขึ้น (Down flow-Up flow)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ใช้การให้น้ำแบบไหลขึ้น ทั้งในระบบฟิล์มตรึงที่เติมอากาศสัมผัส (ถังกรองเติมอากาศสัมผัส) และระบบฟิล์มตรึงแบบไร้อากาศ (ถังกรองไร้อากาศ) ซึ่งจะกล่าวในภายหลังต่อไป

การให้น้ำเสียแบบไหลขึ้นนั้น น้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางซึ่งมีจุลินทรีย์เกาะอยู่ ตัวกลางจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ ด้วยกระบวนการต่าง ๆ อาทิ การดูดซับ (Adsorption) การกรอง (Filtration) และปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพ (Bio decomposition) เป็นต้น

2.3.1 ตัวกลางในระบบฟิล์มตรึง

ตัวกลางที่ดี จะเป็นตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก และมีความพรุนสูง ทั้งนี้เพราะจะทำให้มีพื้นที่สำหรับจุลินทรีย์ยึดเกาะมาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายสูง โดยตัวกลางแต่ละชิ้น จะมีจุลินทรีย์เกาะอยู่ ถ้าเป็นพวกที่ย่อยสลายสารโดยใช้ออกซิเจน ก็จะออกซิไดซ์สารอินทรีย์และเพิ่มจำนวนจนเป็นชั้นฟิล์ม (Bio film) โดยจุลินทรีย์พวกนี้จะอยู่ภายนอกของตัวกลาง ขณะที่จุลินทรีย์พวกไม่ใช้ออกซิเจนจะอยู่ด้านในติดกับตัวกลาง ซึ่งแสดงลักษณะของชั้นฟิล์มได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ฟิล์มจุลินทรีย์ที่เกาะบนผิวตัวกลางของระบบใช้อากาศ (Iwai and Kitao, 1994)

ชนิดของตัวกลางที่ใช้ในถังกรองแบบฟิล์มตรึง แบ่งออกเป็น 6 ชนิดดังนี้

1. ชนิดรูปร่างไม่แน่นอน ได้แก่ ทราย หิน ถ่านหิน ชิ้นพลาสติก ชิ้นไม้ เป็นต้น
2. ชนิดมีรูปร่างชัดเจน ได้แก่ รองเท้าแตะ ท่อพลาสติก แหวนต่าง ๆ เป็นต้น
3. ชนิดคล้ายเส้น หรือท่อนเสา ได้แก่ ท่อนไม้ กิ่งไม้ เส้นถังไฟเบอร์ เป็นต้น
4. ชนิดคล้ายแผ่นแข็ง ได้แก่ แผ่นลอนพลาสติก ตาข่ายพลาสติก เป็นต้น
5. ชนิดคล้ายกล่องรูพรุน ได้แก่ ท่อนพลาสติกรูพรุน ท่อนรวงผึ้ง เป็นต้น
6. ชนิดคล้ายพรม ได้แก่ แผ่นพรม เป็นต้น

- *การเจริญเติบโตของฟิล์มจุลินทรีย์บนตัวกลาง*

การเจริญเติบโตของฟิล์มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย มีกระบวนการสำคัญ 3 ขั้นตอนดังนี้

(1) ในช่วงที่ฟิล์มจุลินทรีย์มีความบาง และบางส่วนของตัวกลางยังไม่เกิดฟิล์มจุลินทรีย์จะมีการเจริญเติบโตแบบ Logarithmic

(2) เมื่อฟิล์มจุลินทรีย์เริ่มหนาขึ้นจนเกินกว่าที่ฟิล์มจุลินทรีย์จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเริ่มคงที่ และเมื่อมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำจะทำให้ฟิล์มจุลินทรีย์ไม่เจริญเติบโตและเริ่มบางลง

(3) ฟิล์มจุลินทรีย์จะหยุดขยายความหนาเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเจริญเติบโตของฟิล์มจุลินทรีย์มีอัตราเท่ากับอัตราลดลงของจุลินทรีย์ที่สภาวะ Endogenous respiration ซึ่งเป็นช่วงที่อาหารถูกใช้หมดไป

- *การเกิดฟิล์มบนตัวกลาง*

ลักษณะการเกิดฟิล์มจุลินทรีย์จะเริ่มต้นจากชั้นบางๆ ของฟิล์มจุลินทรีย์ในสภาพที่มีออกซิเจน (Aerobic layer) จากนั้นจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลางจะเพิ่มจำนวนขึ้น ทำให้เกิดสภาพไม่มีออกซิเจนภายในชั้นของจุลินทรีย์ (Anaerobic layer) จุลินทรีย์ภายนอกที่เพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้ชั้นไม่มีออกซิเจนมีความหนามากขึ้น แต่ชั้นสัมผัสออกซิเจนจะมีความหนาเท่ากับช่วงเริ่มต้นของการเกิดฟิล์ม

- *ปฏิกิริยาชีวเคมีของฟิล์มจุลินทรีย์บนตัวกลาง*

การกำจัดสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาทางชีวเคมี มีลักษณะการเปลี่ยนรูปของสารต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นต่างกัน ดังนี้

สารอินทรีย์คาร์บอน

จุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ในรูปของสารละลายในน้ำเสียเป็นอาหาร โดยส่วนหนึ่งของคาร์บอนจะเปลี่ยนรูปไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ อีกส่วนหนึ่งจุลินทรีย์จะนำไปใช้สร้างเซลล์ใหม่ โดยปฏิกิริยาของชั้นฟิล์มที่สัมผัสออกซิเจนและที่ไม่สัมผัสออกซิเจน แสดงได้ดังสมการ 2.12 และ 2.13

ชั้นฟิล์มที่สัมผัสอากาศ

$$\text{สารอินทรีย์} + \text{ธาตุอาหาร} \xrightarrow{O_2} \text{แบคทีเรียเซลล์ใหม่} + CO_2 \qquad (2.12)$$

ชั้นฟิล์มไร้อากาศ

$$\text{สารอินทรีย์} + \text{ธาตุอาหาร} \longrightarrow \text{แบคทีเรียเซลล์ใหม่} + \text{กรดอินทรีย์} \qquad (2.13)$$

ปฏิกิริยาชีวเคมีของชั้นฟิล์มที่สัมผัสออกซิเจนจะถูกจำกัดโดยปริมาณออกซิเจน แต่ในระบบชั้นฟิล์มที่ไม่สัมผัสออกซิเจนจะถูกจำกัดด้วยสารอินทรีย์

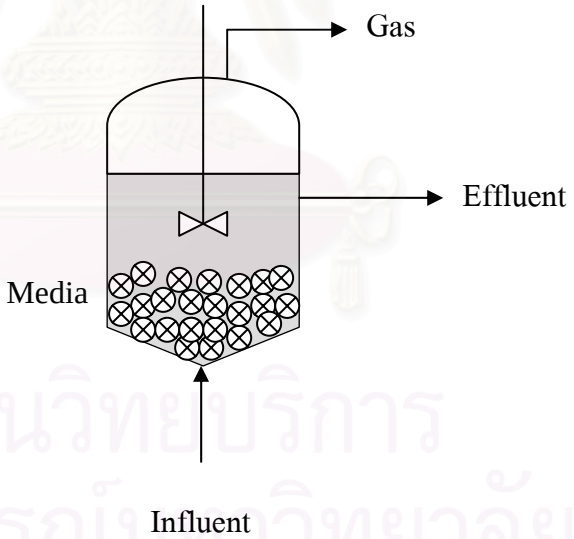
สารอินทรีย์ไนโตรเจน

นอกจากสารอินทรีย์คาร์บอนที่ฟิล์มจุลินทรีย์สามารถบำบัดได้แล้ว องค์ประกอบไนโตรเจนในน้ำเสีย อาทิ แอมโมเนียไนโตรเจนจุลินทรีย์พวก ไนตริฟายอิง (Nitrifying bacteria) สามารถเปลี่ยนรูปแอมโมเนียไนโตรเจนให้เป็น ไนไตรท์ และไนเตรท ตามลำดับ ในสภาวะที่มีอากาศ ด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) แต่เมื่ออยู่ในสภาวะไร้อากาศ ไนเตรทจะเปลี่ยนไปเป็นก๊าซไนโตรเจน และระเหยออกสู่บรรยากาศในที่สุด ด้วยปฏิกิริยา ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)

2.3.2 ระบบถังกรองเติมอากาศสัมผัส (Aerobic Filter)

ระบบถังกรองแบบเติมอากาศสัมผัส เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มตรึง ซึ่งมีการเติมออกซิเจนให้แก่ระบบ โดยตัวกลางในระบบจะมีจุลินทรีย์พวกที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์เกาะอยู่ และทำหน้าที่ย่อยสลายเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ โดยในถังจะมีออกซิเจนเพียงพอต่อการทำปฏิกิริยา เพราะมีการเติมอากาศในถังปฏิกิริยาด้วย ถังปฏิกิริยาแสดงได้ดังรูปที่ 2.3

ตัวกลางที่ควรเลือกใช้ในถังกรองแบบเติมอากาศสัมผัส ควรจะเป็น ตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะมาก มีค่าความเป็นรูพรุนมาก มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับน้ำ เพื่อไม่ให้น้ำหนักในถังมากเกินไป เป็นตัวกลางที่จัดไว้ในลักษณะทรงกระบอกตั้ง หรือในลักษณะที่น้ำสามารถกระจายตัวไหลผ่านตัวกลางได้สม่ำเสมอ มีลักษณะผิวตัวกลางที่สามารถให้ฟิล์มจุลินทรีย์ยึดเกาะได้ดี มีความต้านทานน้ำไหลผ่านผิวตัวกลางต่ำ วัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางต้องมีความคงทนต่อทั้งด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพได้ และเป็นตัวกลางที่หาได้ง่าย มีราคาถูก ขนส่งง่าย และติดตั้งในถังได้สะดวก



รูปที่ 2.3 ถังกรองแบบเติมอากาศสัมผัส
(ดัดแปลงจาก สมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทย, 2545)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.2.1 ข้อดีและข้อเสียของการเติมอากาศลงในระบบถังกรองแบบฟิล์มตรึง

ข้อดี

1. มีประสิทธิภาพในการละลายออกซิเจนสูง
2. ลดปัญหากี่อุดตันในชั้นกรอง
3. ไม่ต้องมีถังเติมอากาศอีกถัง

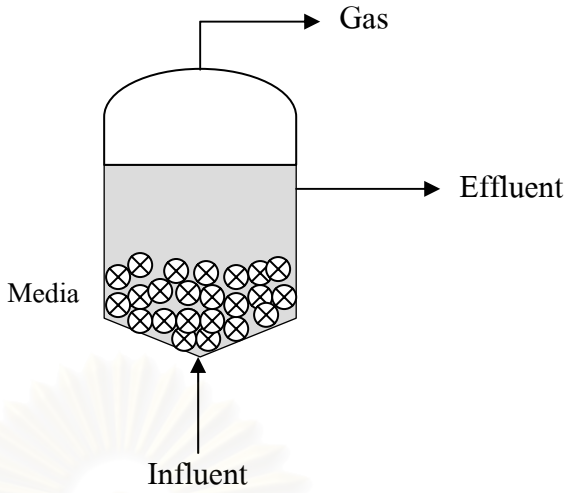
ข้อเสีย

1. ทำให้ฟิล์มจุลินทรีย์หลุดออกจากตัวกลางได้ง่าย
2. น้ำทิ้งไหลออกจากระบบมีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูง
3. ดูแลระบบเติมอากาศยากกว่า

2.3.2 ระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)

ถังกรองไร้อากาศ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มตรึง ซึ่งไม่ให้ออกซิเจนแก่ระบบ การย่อยสลายในถังปฏิกิริยาจะเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนทำหน้าที่ย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้ออกมาเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ น้ำทิ้งที่ออกมาจะใสโดยไม่ต้องใช้ถังตกตะกอน รูปร่างของถังกรองไร้อากาศมีลักษณะเป็นถังปิด ภายในมีตัวกลางซึ่งมีจุลินทรีย์เกาะอยู่บนผิวตัวกลาง (รูปที่ 2.4) และมีจุลินทรีย์บางส่วนแต่เป็นส่วนน้อยลอยอยู่ภายในถัง ระบบบำบัดประเภทนี้สามารถรับการเปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับ Barber et al. (1999) ที่รายงานไว้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ มีความยืดหยุ่นในการรองรับน้ำเสียที่มีปริมาตรแตกต่างกันและมีภาระบรรทุกที่แตกต่างกันสูงได้ รวมถึงในช่วงที่เป็น Organic shock loadings ด้วย อีกทั้งยังทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่มีพีเอช และอุณหภูมิ แปรปรวนได้เป็นอย่างดี ตะกอนหรือกากของเสียของระบบนี้มีน้อย ทำให้การจัดการดูแลไม่ยุ่งยากนัก

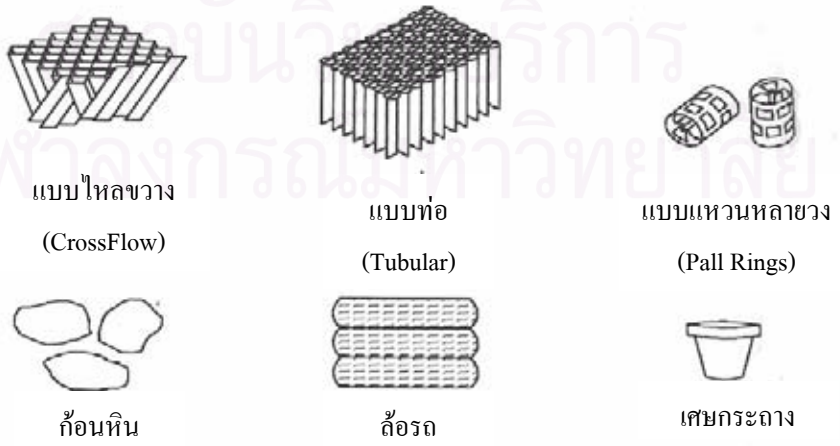
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 ถังกรองไร้อากาศ
(ดัดแปลงจาก สมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทย, 2545)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ จะเป็นระบบที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูง ๆ จนถึงน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีต่ำ ๆ ได้ (ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระบบจะมีจุลินทรีย์พวกที่เกาะผิวตัวกลางเป็นหลัก โดยการยึดเกาะจะเป็นแบบกายภาพ ถ้าจุลินทรีย์บนตัวกลางไม่หลุดออกนอกระบบ จะส่งผลให้ระบบมีปริมาณจุลินทรีย์มากพอที่บำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าภาระบรรทุกบีโอดีจะมีความผันแปรสูงก็ตาม

ตัวกลางที่นิยมใช้ในระบบถังกรองไร้อากาศจะมีอยู่หลายแบบด้วยกัน ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวกลางที่ใช้ในถังกรองไร้อากาศ
(เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543)

จุลินทรีย์ในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นจะลอยด้วยความเร็วหรือไหลขึ้นต่ำ ทำให้จุลินทรีย์ที่แขวนลอยไม่หลุดลอยไปกับน้ำทิ้ง ระบบมีแนวโน้มจะเกิดเม็ดตะกอนกลมเช่นเดียวกับถัง Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) นอกจากนั้นก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นจะช่วยการกวนในระบบ มีผลดีในการลดการอุดตันของระบบ

ในบางครั้งน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบมีค่าบีโอดีสูงกว่าปกติ อาจแก้ไขโดยการสูบน้ำทิ้งที่ไหลผ่านระบบถังกรองไร้อากาศแล้วนั้นกลับเข้าสู่ระบบอีกครั้ง เพื่อทำให้บีโอดีผสมมีความเข้มข้นปกติ และยังช่วยรักษาระดับพีเอชได้ดีอีกด้วย

ขนาดความลึกของตัวกลางที่ควรมีในระบบไม่ควรมากเกินไป เพราะถ้าขนาดความลึกของตัวกลางมากเกิน 1.50 เมตรอาจเกิดปัญหาอุดตันหรือสูญเสียความดัน (Head Loss)

2.3.3.1 ข้อดีและข้อเสียของถังกรองไร้อากาศ

ข้อดี

1. ก่อสร้างง่าย ไม่ซับซ้อน
2. การดำเนินการและบำรุงรักษาระบบง่าย ไม่ยุ่งยาก
3. อินทรียวัตถุในน้ำจะถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีตะกอนชีวภาพเกิดขึ้น และตกค้างในระบบน้อย
4. ค่าสูญเสียความดันต่ำในระบบถังบำบัด โดยปกติจะมีน้อยกว่า 0.15 เมตร
5. มีความต้องการสารอาหารน้อย
6. น้ำทิ้งมีกลิ่นน้อย และมีของแข็งแขวนลอยทั้งหมดไม่มาก
7. สามารถรับน้ำเสียที่มีอัตราไหลเปลี่ยนแปลงมากได้ ถึงแม้ไม่มีน้ำเสียไหลต่อเนื่อง
8. ตัวกลางที่อยู่ในถังกรอง ช่วยป้องกันการไหลทิ้งของของแข็งแขวนลอย
9. ไม่ต้องทำการล้างถังบำบัดบ่อยๆ
10. ไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัด
11. อาจใช้ต่อเนื่องกับระบบอื่นเพื่อกำจัดไนโตรเจน (กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน)
12. ระบบนี้ใช้เวลากักเก็บสั้น เพราะมีอายุสลัดจ์นานเพียงพอที่จะบำบัดน้ำให้มีประสิทธิภาพ

ข้อเสีย

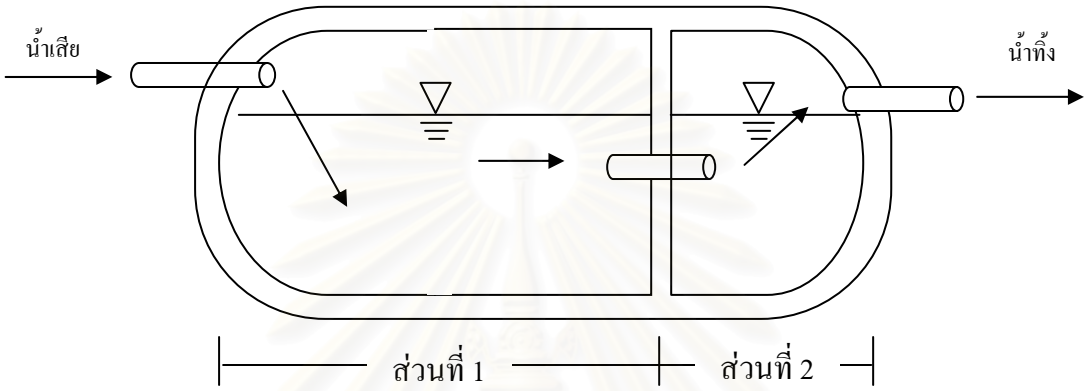
1. อาจเกิดการไหลลัดวงจรได้ง่าย
2. สลัดจ์ในระบบมีการกวนผสมกันน้อยมาก
3. การเรียงตัวของตัวกลางต้องเรียงให้เหมาะสม และอาจมีสลัดจ์ทับถมกันจนเกิดการแทนที่น้ำ ทำให้ความจุของถังน้อยกว่าที่ออกแบบไว้
4. ถ้าน้ำเสียมีของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมากอาจทำให้ระบบอุดตันได้ง่าย
5. ต้องการระยะเวลาในการเดินระบบช่วงเริ่มต้นจนถึงสภาวะคงที่มากกว่าระบบใช้อากาศ
6. โดยปกติน้ำทิ้งจากระบบมีค่า BOD_5 มากกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร
7. ระบบต้องการสลัดจ์ที่มีอายุนาน ทำให้ใช้เวลาในการปรับสภาพนานเมื่อมีสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป
8. ระบบนี้ยังไม่มีการพัฒนาการล้างย้อนที่ดี

2.4 ถังเกรอะ (Septic Tank)

ถังเกรอะเป็นกระบวนการหนึ่งในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน แบบแขวนลอย (Anaerobic suspended growth treatment processes) ที่มีจุลินทรีย์จำนวนมากแขวนลอยและสัมผัสกับน้ำเสียในถังปฏิกิริยา ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านั้นเป็นตัวการหลักที่ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ ส่งผลทำให้ค่าบีโอดีในน้ำเสียลดลง โดยระบบที่มีจุลินทรีย์ปริมาณมากก็จะสามารถบำบัดบีโอดีได้มากตามไปด้วย ถังเกรอะส่วนมากจะใช้เป็นระบบบำบัดขั้นต้นซึ่งรองรับน้ำจากส้วม ทำให้น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบส่วนใหญ่จะมีทั้งของแข็งแขวนลอย และของแข็งที่เป็นตะกอนหนัก

ระบบถังเกรอะ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดอยู่กับที่ (On-site system) ประเภทหนึ่ง ที่นิยมใช้กันมาก เพราะเหมาะสมสำหรับอาคารพักอาศัยทั่วไป ที่มีปริมาณน้ำทิ้งไม่มาก การก่อสร้างไม่ยุ่งยาก ค่าใช้จ่ายน้อย ระบบถังเกรอะอาจสร้างด้วยอิฐ คอนกรีตเสริมเหล็ก ถังไฟเบอร์กลาส ถังพีอี (Polyethylene) หรือถังเหล็กก็ได้ โดยถังต้องมีความคงทนแข็งแรง ไม่รั่วซึม สามารถทนแรงดันน้ำ และแรงดันดินได้เป็นอย่างดี ภายในถังแบ่งการทำงานเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนที่ให้เกิดการทับถมของตะกอน และส่วนที่สองเป็นส่วนที่รอให้ของแข็งแขวนลอยตกตะกอน เพื่อให้น้ำทิ้งมีของแข็งแขวนลอยน้อยที่สุด เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ฝ้าไขลอยมากับน้ำทิ้ง จึงควรเพิ่มท่อน้ำล้นที่เป็นท่อแนวดิ่งเพื่อให้น้ำทิ้งเป็นน้ำทิ้งส่วนที่อยู่บริเวณใต้น้ำลึก 20-30 เซนติเมตร (รูปที่ 2.6)

ระบบถังเกรอะเป็นระบบที่บำบัดขั้นต้นได้อย่างดี แต่น้ำทิ้งที่ออกจากถังเกรอะยังคง มีความสกปรกสูง การออกแบบจึงควรออกแบบให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีร้อยละ 40-50 และประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดร้อยละ 80 และต้องผ่านเข้าสู่ระบบขั้นต่อไปก่อนที่จะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ



รูปที่ 2.6 ระบบถังเกรอะ(Septic tank)

ในระบบถังเกรอะสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกย่อยสลายแบบกึ่งไม่ใช้ออกซิเจน (Facultative) และย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน(Anaerobic) โดยสารอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นสภาพที่เสถียร และก๊าซ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น ถ้าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบรวมตัวกับโลหะที่ตกทับถมอยู่ภายในถัง จะได้สารในรูปของโลหะซัลไฟด์ ซึ่งส่งกลิ่นเหม็นไม่มากเท่ากับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

ของแข็งที่อยู่ในระบบจะถูกย่อยสลายให้มีปริมาณลดลงตลอดเวลา แต่ถ้าของแข็งมีมากจนจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ทัน ของแข็งส่วนเกินก็จะทับถมจนทำให้ความจุของถังมีน้อยลง จึงต้องกำจัดของแข็งส่วนเกินออกไปบ้าง โดยการสูบของแข็งส่วนเกินออกจากระบบถังเกรอะเป็นครั้งคราว

2.4.1 ข้อดีและข้อเสียของระบบถังเกรอะ

ข้อดี

ระบบไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญในการดูแลรักษาระบบ

ข้อเสีย

น้ำทิ้งที่ไหลผ่านระบบถังเกรอะยังมีความสกปรกอยู่มาก ในการออกแบบระบบจึงควรออกแบบให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีร้อยละ 40-50 และประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดร้อยละ 80 และต้องผ่านเข้าสู่ระบบขั้นต่อไปก่อนที่จะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การบำบัดน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่จะใช้ระบบบำบัดน้ำเสียรวม ซึ่งจะมีระบบรวบรวมน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ ของชุมชน มายังระบบบำบัดน้ำเสีย จากนั้นจึงปล่อยน้ำเสียที่รวบรวมได้เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวม

แต่สำหรับชุมชนที่ตั้งอยู่ริมน้ำ รวมทั้งธุรกิจต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ริมน้ำ มักจะมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง ก่อนที่จะมีการบำบัด ดังนั้นการจัดการรวบรวมน้ำเสียของชุมชนและธุรกิจต่าง ๆ เช่น ร้านอาหารริมน้ำ จึงเป็นการยากที่จะใช้ระบบรวบรวมน้ำเสีย และระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนบริเวณดังกล่าว การบำบัดน้ำเสียทั้งจากชุมชน และร้านอาหารริมน้ำจึงต้องใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม โดยยึดหลักที่ว่า ระบบบำบัดมีประสิทธิภาพสูง ประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านการลงทุน และการจัดการดูแลไม่ยุ่งยากนัก ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดตั้งอยู่กับที่ (Onsite system) เป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมกับการนำมาใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนริมน้ำ หรือน้ำเสียจากร้านอาหารริมน้ำ

สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย 3 แบบ มาพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารริมน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีการนำระบบ ถังเกรอะ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มตรึง ซึ่งได้แก่ ถังกรองไร้อากาศ และถังกรองเติมอากาศสัมผัส มาพัฒนาให้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดตั้งอยู่กับที่ให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยจะศึกษาระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมด้วย มีงานวิจัยมากมายที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 แบบข้างต้น อาทิ Roy., (1998) Ausland et al., (2002) Galvez et al., (2003) และ Xie et al., (2004) ศึกษาการใช้ถังกรองชีวภาพแบบเติมอากาศในการบำบัดน้ำเสีย ขณะที่การใช้ถังกรองไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ ก็มีผู้ทำ

การศึกษาเป็นจำนวนมากเช่นกัน อาทิการศึกษาวิจัยของ วิชัย ชินบูรพา (2539) ธเรศ พงษ์สาระนันทกุล (2540) โรมรัน ว่องวิไลรัตน์ (2542) ธีระพงษ์ วิมลจิตรานนท์ (2544) Veiga et al., (1994) Elmitwalli et al., (2001) และ Ince et al., (2000) เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ เป็นงานวิจัยที่ค่อนข้างใหม่ เพราะการศึกษาการบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จะเน้นรวมไปทางด้านการบำบัดน้ำเสียชุมชน ขณะที่งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาการลดมลภาวะเฉพาะจุดที่เป็นร้านอาหารเท่านั้น ซึ่งเดิม พงษ์ระพิณฑ์ ยุวพันธุ์ (2535) ได้ศึกษาการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Rotating Biological Contactor (RBC) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มตรึงเช่นเดียวกัน ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร โดยปริมาตรของถังปฏิกิริยาเท่ากับ 0.2 ลูกบาศก์เมตร น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบเป็นน้ำเสียจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งขนาด 700 ตารางเมตร ซึ่งคุณภาพน้ำของน้ำเสียก่อนเข้าบ่อดักไขมัน มีบีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น เอสเอส และ น้ำมันและไขมัน เท่ากับ 1,360 1,840 9 405 และ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ภาระบีโอดีที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 9.36 – 28.22 กรัมต่อตารางเมตรวัน ซึ่งระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีได้สูงกว่า 80 % และพบว่า น้ำมันและไขมัน ทีเคเอ็น เอสเอส และ พีเอช อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคาร (ภัตตาคาร/โรงอาหาร ประเภท ข) ส่วนภาระบีโอดีเท่ากับ 40.72 กรัมต่อตารางเมตรวัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีต่ำ คือ 40.26 % และการบำบัดเอสเอสยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

นอกจากระบบบำบัดแบบฟิล์มตรึง RBC แล้ว ระบบ Anaerobic-Aerobic biofilm reactor ก็ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารเช่นเดียวกัน ดังที่ ณัฐนันท์ นิยมสมาน และคณะ (2544) ได้ทำการศึกษาพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียประเภท Submerged fixed-film reactor แบบ Anoxic-Oxic สำหรับน้ำเสียร้านอาหาร ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียจำลองเพื่อศึกษาในห้องปฏิบัติการ ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการผสมผสานกันระหว่างระบบฟิล์มชีวภาพและระบบตะกอนเร่ง โดยศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาเก็บกักและการเติมอากาศ โดยระยะเวลาเก็บกักของถัง Anoxic : ถัง Oxic แบ่งเป็น 2 แบบ คือ 8 : 8 ชั่วโมง และ 10 : 10 ชั่วโมง โดยให้ปริมาตรน้ำเสียเท่ากัน แต่กำหนดการเติมอากาศต่างกัน คือ ระยะเวลาเก็บกัก 8 : 8 ชั่วโมง และ 10 : 10 ชั่วโมง มีการเติมอากาศตลอดช่วงเวลา และระยะเวลาเก็บกัก 10 : 10 ชั่วโมงมีการเติมอากาศแบบให้ถังเติมอากาศ 2 ชั่วโมงและหยุดเติมอากาศ 2 ชั่วโมงสลับกันไป โดยผลการศึกษาพบว่าเมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงตัว โดยระยะเวลาเก็บกักของถัง Anoxic : ถัง Oxic ทั้ง 8 : 8 ชั่วโมง และ 10 : 10 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการกำจัด COD เท่ากับ 87.62 % และ 91.25 % TKN เท่ากับ 79.92 % และ 87.04 % SS เท่ากับ 88.20 และ 87.62 ตามลำดับ และระยะเวลาเก็บกัก 10 : 10 ที่มีการเติมอากาศ 2 ชั่วโมง และหยุดเติมอากาศ 2 ชั่วโมงสลับกันไป มีประสิทธิภาพการกำจัด COD SS และ TKN เฉลี่ย เท่ากับ 87.27 % 86.92 % และ 81.90 % ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาจะเห็นว่าระยะเวลาเก็บกัก 10 : 10 ชั่วโมง ซึ่งเติมอากาศตลอด

ช่วงเวลาเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ อนุภาคแขวนลอยและไนโตรเจนมากที่สุด

สำหรับการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดตั้งอยู่กับที่ให้มีประสิทธิภาพ อาจต้องใช้ระบบ หลายระบบต่ออนุกรมกัน ดังเช่นที่ จงรักษ์ จิระภาพันธ์ (2530) ศึกษาการใช้ถังเกรอะต่อกับระบบถังกรองไร้อากาศ สำหรับบำบัดน้ำทิ้งจากแฟลต ซึ่งมีน้ำเสียเข้าระบบ 29 ลิตรต่อวัน ทำการทดลอง 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งทดลองโดยใช้แบบจำลอง และส่วนที่สองทดลองแบบที่สร้างใช้งานจริง น้ำทิ้งที่ออกจากแบบจำลองมีความเข้มข้นบีโอดีเฉลี่ย 39.1 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับแบบที่สร้างใช้งานจริงมีความเข้มข้นบีโอดีเฉลี่ย 32.8 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ จินต์ อโณทัย (2531) ศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากถังเกรอะและกรองไร้อากาศเช่นเดียวกับจงรักษ์ จิระภาพันธ์ (2530) แต่มีการออกแบบให้เป็นแบบสำเร็จรูปชนิดประกอบจำนวน 4 ถัง ศึกษาในระยะเวลา 12 เดือน น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบเป็นน้ำเสียจากส้วมในสภาพการใช้งานจริง พบว่า ค่าพีเอช เอสเอส บีโอดี และอินทรีย์ไนโตรเจนที่ออกจากระบบได้มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่กำหนดโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.2, 33, 57 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ซัลไฟด์ และไขมันและน้ำมัน มีค่าเกินกว่ามาตรฐาน คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65, 70, 49 และ 416 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิ ซีโอดี และฟอสเฟต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.1 องศาเซลเซียส 130 และ 14 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ เมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดเอสเอส ซีโอดี บีโอดี และไขมันและน้ำมัน ของส่วนถังกรองไร้อากาศพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 18.48, 39.90, 59.82 และ 8.71 ตามลำดับ ที่ภาระบรรทุกบีโอดีจริงเท่ากับ 0.4 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตร ของช่องว่างของตัวกลางต่อวัน

นอกจากการใช้ระบบแบบฟิล์มตรึงซึ่งเป็นระบบแบบเติมอากาศ หรือไร้อากาศอย่างใดอย่างหนึ่ง ยังมีการศึกษาการใช้ระบบทั้งสองต่ออนุกรมเข้าด้วยกัน ตัวอย่างเช่น ประสิทธิ์ เหลืองรุ่งเกียรติ (2540) ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงแรมด้วยระบบเครื่องกรองชีวภาพแบบตัวกรองพอดีขาดอากาศ-ตัวกรองเติมอากาศมาทดลองในการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงแรมภายในถังปฏิกิริยาเดียวกัน ใช้ภาระบรรทุกอินทรีย์เฉลี่ย 0.2 0.3 และ 0.4 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ภาระบรรทุกอินทรีย์ 0.3 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน เวลากักเก็บ 12 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพรวมในการบำบัดของแข็งแขวนลอย ซีโอดี บีโอดี ทีเคเอ็น และไนโตรเจนทั้งหมด เป็นร้อยละ 97.23 92.50 97.30 7.29 และ 84.28 ตามลำดับ และพบว่า ตลอดการทดลองระบบมีเสถียรภาพค่อนข้างดี ง่ายต่อการควบคุมดูแลระบบ ไม่มีปัญหาเรื่องตะกอนลอย กลิ่นเหม็น และแมลงรบกวน

นอกจากนี้ในต่างประเทศก็มีการศึกษาการใช้ระบบมาต่ออนุกรมกัน อาทิ Bodik et al. (2003) ศึกษาการบำบัดไนโตรเจนโดยใช้ถังกรองไร้อากาศ+ถังกรองเติมอากาศสัมผัส ซึ่งมี HRT 15 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งพบว่าไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียถูกบำบัดลงได้ โดยประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 46.4 - 87.3 ซึ่งพบว่าการบำบัดไนโตรเจนโดยปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันพบในถังปฏิกิริยาทั้งสอง อีกทั้งพบว่าระบบยังสามารถบำบัดซีโอดีได้ร้อยละ 78.6–83.0 บีโอดี 92.5–94.0 และ SS ร้อยละ 80.9–92.7

Nakajima et al. (1999) ศึกษาการคุณภาพน้ำทิ้ง และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย เมื่อใช้ระบบเติมอากาศสัมผัส ภายหลังจากใช้ถังตกตะกอน ถังกรองไร้อากาศ และถังปรับสภาพ พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าว สามารถบำบัดน้ำเสียจากทั้ง ครัวเรือน โรงแรม และร้านอาหารได้ดี โดยพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ได้แก่ บีโอดีมีค่าต่ำกว่า 20 มก./ล. น้ำมันและไขมันมีค่าต่ำกว่า 30 มก./ล.

นอกจากนี้ Inamori et al. (1996) ศึกษาเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มตรึงระหว่างระบบ Anaerobic bed reactor + Aerobic bio filtration โดยให้น้ำแบบ Constant flow rate control (CFR) และระบบ Aerobic bed reactor + Aerobic biofilm reactor โดยให้น้ำแบบ Plug flow stream (PFR) ซึ่งน้ำเสียที่ให้แก่ระบบเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งมีส่วนผสมของเอสเอสจากน้ำเสียชุมชน โดยน้ำเสียมีค่าบีโอดี เอสเอส และไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 200 200 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองพบว่า คุณน้ำน้ำที่ออกจากระบบ CFR และ PFR มีคุณภาพดีขึ้น และพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบ CFR สามารถบำบัดบีโอดี และไนโตรเจนทั้งหมดให้ลดลงเป็น 5.1-9.1 และ 6.7-28.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนระบบ PFR บำบัดได้เท่ากับ 12.0-25.8 และ 15.0-25.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในขณะเดียวกัน การบำบัดเอสเอส ของระบบ CFR สูงกว่าระบบ PFR โดยสรุประบบ CFR ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ระบบแบบย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจนรวมกับระบบที่ย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่า PFR ซึ่งเป็นระบบที่รวมระบบบำบัดแบบที่ใช้ออกซิเจนเข้าด้วยกัน

บทที่ 3

แผนการทดลองและดำเนินการวิจัย

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการทดลองโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำการดัดแปลงภายในจากถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ทำการรวบรวมน้ำเสียโดยต่อกับท่อรวมน้ำเสียของร้านอาหารริมน้ำ โดยเดินทางไปเก็บตัวอย่างและนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และห้องปฏิบัติการสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส และทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักต่างกัน โดยระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 แบบ มีรายละเอียดดังนี้

1. ระบบบำบัดแบบที่ 1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส โดยระบบนี้ถังเกรอะมีระยะเวลาเก็บกัก 32 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 24
2. ระบบบำบัดแบบที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ระบบนี้ถังเกรอะมีระยะเวลาเก็บกัก 32 ชั่วโมง ถังกรองไร้อากาศมีระยะเวลาเก็บกัก 18 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 18 ชั่วโมง
3. ระบบบำบัดแบบที่ 3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ระบบนี้ถังเกรอะมีระยะเวลาเก็บกัก 32 ชั่วโมง ถังกรองไร้อากาศมีระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง

เมื่อมีการติดตั้งระบบแล้วจะเดินระบบเป็นระยะเวลา 1 เดือน จากนั้นจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากแต่ละระบบมาวิเคราะห์คุณภาพ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 16 ครั้ง เพื่อนำมาหาประสิทธิภาพการบำบัดและนำไปใช้เป็นแนวทางยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหาร

3.2 ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้มี 3 ระบบด้วยกัน ซึ่งมีถังปฏิกิริยาแตกต่างกันดังเสนอไว้ในตารางที่ 3.1 และอธิบายรายละเอียดของแต่ละระบบ ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 แบบ

ระบบบำบัด	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย : HRT (ชั่วโมง)		
	ถังเกรอะ	ถังกรองไร้อากาศ	ถังกรองเติมอากาศสัมผัส
ระบบที่ 1	32	-	24
ระบบที่ 2	32	18	18
ระบบที่ 3	32	24	24

หมายเหตุระบบที่ 1 ; ถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส

ระบบที่ 2; ถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส

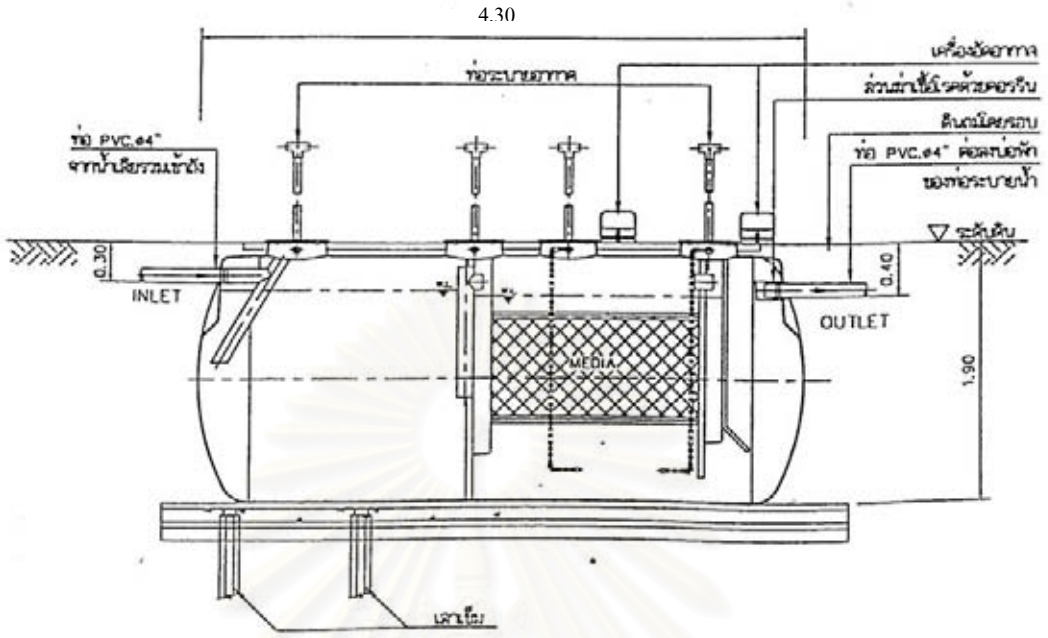
ระบบที่ 3; ถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส

3.2.1 ระบบถังเกรอะ+ กรองเติมอากาศสัมผัส

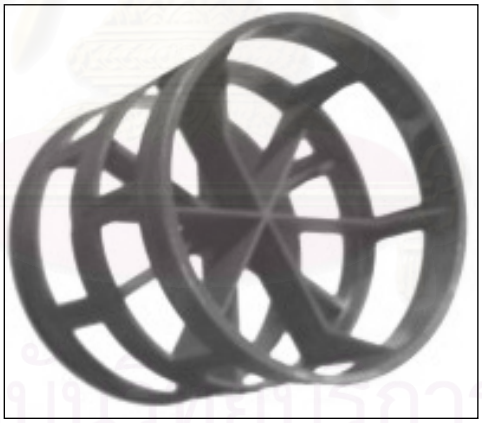
ระบบนี้สามารถรับน้ำเสียได้ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ทำการวัดปริมาณน้ำเสียจากร้านอาหารก่อนทำการทดลอง ปริมาณน้ำเสียจากร้านอาหารมีประมาณ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) ซึ่งระบบนี้คือระบบบำบัดแบบที่ 1 มีรายละเอียดของเครื่องมือและอุปกรณ์ ดังนี้ (รูปที่ 3.1 และ รูปที่ 3.2)

1) ถังเกรอะ
2) ถังกรองเติมอากาศสัมผัส
3) ตัวกลาง
4) ถังตกตะกอน

5) ระบบเติมคลอรีน



รูปที่ 3.1 ระบบบำบัดแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส

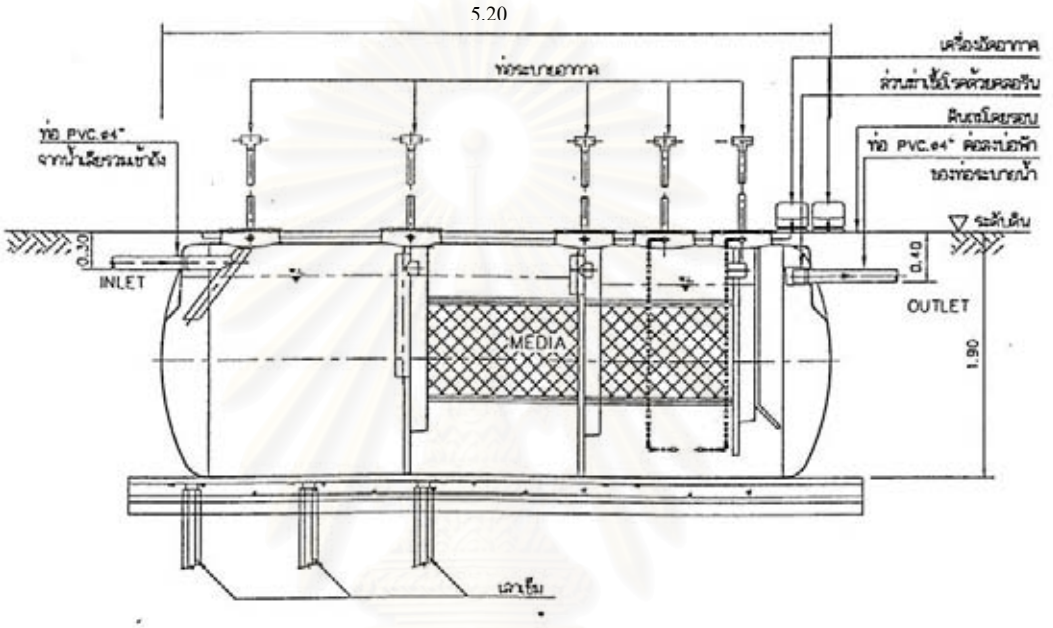


รูปที่ 3.2 ตัวกลาง

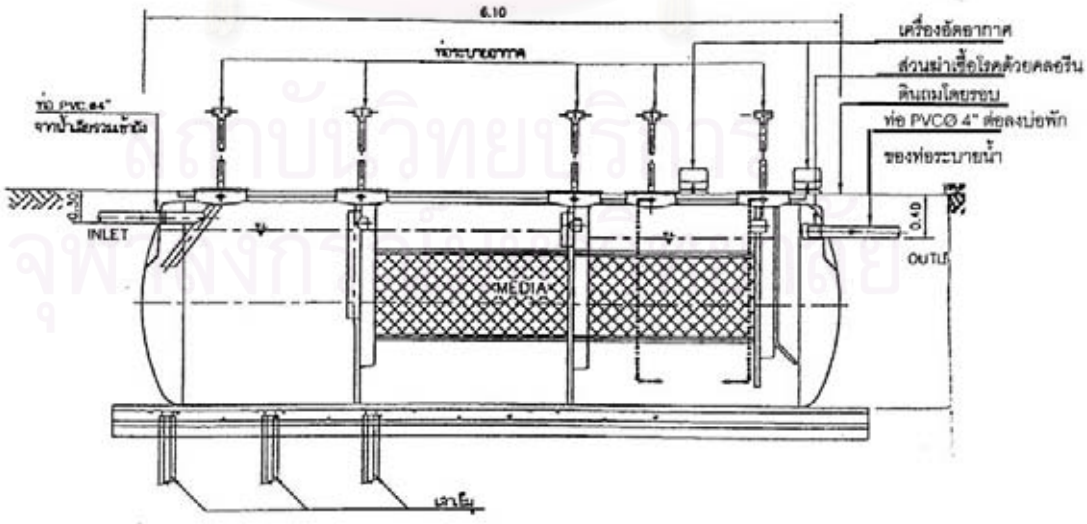
3.2.2 ถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส

ระบบนี้สามารถรับน้ำเสียได้ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งระบบนี้คือระบบบำบัดแบบที่ 2 และ 3 โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้คล้ายคลึงกัน แตกต่างกันเฉพาะขนาดของถังปฏิกิริยา และระยะเวลาเก็บกัก รายละเอียดของระบบมีดังนี้ (รูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4)

1) ถังเกรอะ
2) ถังกรองไร้อากาศ
3) ถังกรองเติมอากาศสัมผัส
4) ตัวกลาง
5) ถังตกตะกอน
6) ระบบเติมคลอรีน



รูปที่ 3.3 ระบบบำบัดแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส
ที่มีระยะเวลาเก็บกัก 68 (32 + 18 + 18) ชั่วโมง



รูปที่ 3.3 ระบบบำบัดแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส
ที่มีระยะเวลาเก็บกัก 80 (32 + 24 + 24) ชั่วโมง

3.3 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

3.3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ (Sampling)

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการตรวจวัดและการวิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 ครั้งเป็นจำนวนทั้งหมด 16 สัปดาห์ โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด จุดที่หนึ่งจะเก็บบริเวณที่น้ำเสียเข้าสู่ระบบ ส่วนจุดที่สองจะเก็บบริเวณที่น้ำทิ้งจะออกจากระบบ ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากแต่ละจุดมีปริมาตร 750 มิลลิลิตร โดยก่อนเริ่มทำการทดลองเก็บตัวอย่างน้ำจะมีการเดินระบบก่อน 1 เดือนเพื่อให้ระบบเข้าสู่ภาวะที่เสถียร

3.3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่ทำการเก็บตัวอย่าง จะนำมาวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ที่กำหนด โดยวิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ (APHA, AWWA, WPCF., 1995)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. พีเอช	pH Meter
2. บีโอดี	Azide Modification Method
3. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	Gravimetric Method
4. ของแข็งตะกอนหนัก	Gravimetric Method
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด	Gravimetric Method
6. ซัลไฟด์	Iodometric Method
7. ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น	Kjeldahl Method
8. น้ำมันและไขมัน	Soxhlet Method

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะใช้วิธีการเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และถ้าข้อมูลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะทั่วไปในการทดลอง

การทดลองได้ทำการศึกษาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย (น้ำเสีย+สิ่งปฏิกูล) ขนาดเล็กแบบติดตั้งอยู่กับที่สำหรับร้านอาหารริมน้ำโดยอ้างอิงมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ง ในการออกแบบพิจารณาค่าอัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และค่า Organic Loading เท่ากับ 2.4 กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน ออกแบบให้สามารถรับน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกในช่วงสูงสุดได้ โดยระบบบำบัดน้ำเสียจะมีการเติมคลอรีนเพื่อกำจัดเชื้อโรคให้กับน้ำทิ้งหลังการบำบัดก่อนที่จะปล่อยลงสู่แม่น้ำ

ระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดตั้งอยู่กับที่ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ออกแบบไว้ 3 ระบบด้วยกัน โดยติดตั้งไว้ในบริเวณร้านอาหารริมน้ำแห่งละระบบรวม 3 แห่ง ซึ่งร้านอาหารริมน้ำดังกล่าวมีขนาดพื้นที่ใกล้เคียงกัน คือ 100-250 ตารางเมตร (จัดว่าเป็นน้ำเสียจากอาคารประเภท ง) ซึ่งการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ อธิบายได้ ดังนี้

1. ระบบบำบัดแบบที่ 1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส โดยระบบนี้ถังเกรอะมีระยะเวลาเก็บกัก 32 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง

2. ระบบบำบัดแบบที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ระบบนี้ถังเกรอะมีระยะเวลาเก็บกัก 32 ชั่วโมง ถังกรองไร้อากาศมีระยะเวลาเก็บกัก 18 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 18 ชั่วโมง

3. ระบบบำบัดแบบที่ 3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ระบบนี้ถังเกรอะมีระยะเวลาเก็บกัก 32 ชั่วโมง ถังกรองไร้อากาศมีระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง

4.2 ลักษณะน้ำเสียในการทดลอง

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้เป็นน้ำเสียจากร้านอาหารที่ตั้งอยู่ริมน้ำซึ่งได้ทำการคัดเลือกร้านที่มีขนาดพื้นที่ใกล้เคียงกันมา 3 แห่งด้วยกัน โดยคุณภาพน้ำเสียที่ทำการวิเคราะห์ก่อนที่จะนำเข้าระบบ ได้แก่ พีเอช บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น และน้ำมันและไขมัน แสดงได้ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งคุณภาพน้ำเสียที่วิเคราะห์ได้มีพีเอชค่อนข้างเป็นกลาง ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของพงษ์ระพิณฑ์ ยุวพันธุ์ (2535) ที่รายงานคุณภาพน้ำเสียจากโรงอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (จัดอยู่ในอาคารประเภท ข) ว่ามีพีเอชเป็นกรดเล็กน้อย (พีเอชเท่ากับ 4.4) นอกจากนี้ค่าบีโอดี และค่าไขมันและน้ำมันของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ยังมีค่าต่ำกว่าน้ำเสียจากโรงอาหารดังกล่าวมาก (1,360 และ 550 มก./ล. ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำเสียในการทดลองมาจากร้านอาหารที่มีขนาดเล็กกว่า ความถี่ในการซักล้างภาชนะและการประกอบอาหารซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดน้ำเสียต่ำ ความเข้มข้นของค่าบีโอดี และค่าไขมันและน้ำมันดังกล่าวในน้ำเสียจึงมีค่าต่ำกว่า ขณะที่พบว่าไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็นมีค่าสูงกว่าน้ำเสียจากโรงอาหารมาก (9 มก./ล.) อาจเนื่องมาจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้รวบรวมน้ำจากห้องส้วมด้วย จึงมียูเรียซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนจากน้ำปัสสาวะสูง ค่าทีเคเอ็นที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำจากโรงอาหารเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.1 สรุปคุณภาพน้ำเสียจากร้านอาหารริมน้ำทั้ง 3 แห่ง

พารามิเตอร์	ช่วงของน้ำเสีย	ค่าเฉลี่ยของน้ำเสีย
1. พีเอช	6.1-7.87	7.06
2. บีโอดี (มก./ล.)	312-489	413.90
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	252-523	356.09
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0-8	1.36
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	501-1,336	920.21
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	2.6-15	6.72
7. ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (มก./ล.)	82-168	116.45
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	14-54	30.30

4.3 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบที่ 1 ถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส ซึ่งมีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในถังเกรอะเท่ากับ 32 ชั่วโมง และระยะเวลาเก็บกักในถังกรองเติมอากาศสัมผัส 24 ชั่วโมง สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.2 และมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.2 คุณภาพน้ำเสีย น้ำทิ้ง และประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย		P(50) น้ำทิ้ง	มาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท ง.	ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง			
1. พีเอช	7.17	7.47	7.54	5-9	-
2. บีโอดี (มก./ล.)	435.71	21.49	14.15	≤50	95.14
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	348.50	16.04	6.66	≤50	95.48
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.72	0.01	0.00	≤0.5	99.55
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,119.13	945.38	1,002.00	≤500	15.37
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	8.72	0.22	0.13	≤4.0	96.95
7. ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (มก./ล.)	140.74	7.54	8.26	≤40	94.60
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	24.29	1.23	0.28	≤20	94.61

หมายเหตุ จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 16 ตัวอย่าง

4.3.1 พีเอช

พีเอชของน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 6.78-7.87 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.17 ส่วนพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบอยู่ระหว่าง 7.00-7.94 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.47 (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1)

จะเห็นว่าค่าพีเอชของทั้งน้ำเสียและน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างเป็นกลาง ซึ่งเกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2543) รายงานไว้ว่าถ้าพีเอชมีค่าเป็นกลาง คือ ค่าพีเอชใกล้ 7.0 จะมีความเหมาะสมต่อกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ McCarty and Rittmann, (2001) ที่กล่าวว่าพีเอชที่เหมาะสมกับ แบคทีเรียที่สร้างกรดจะอยู่ในช่วงพีเอช 3.5-6.5 และพีเอชที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียที่สร้างมีเทนอยู่ในช่วง 6.6-7.6 ถ้าพีเอชต่ำกว่า 6.6 จะทำให้เกิดกรดอินทรีย์มากกว่าสภาวะปกติ และเมื่อพีเอชสูงกว่า 7.6 จะทำให้แบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนมีปริมาณน้อยลง และถ้ามีพีเอชสูงขึ้นถึง 9.0 จะไม่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของน้ำเสียจะ

น้อยลง และเมื่อพิจารณาร่วมกันควรมีพีเอชประมาณ 7.0 (McCarty and Rittmann, 2001) โดยสรุปพีเอชทั้งในน้ำเสียและน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างเป็นกลางจึงคาดการณ์ได้ว่าปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพในระบบจะดี เนื่องจากสภาพพีเอชในระบบเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย

4.3.2 บีโอดี

บีโอดีของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 396.00-463.50 มก./ล. เฉลี่ยเท่ากับ 435.71 มก./ล. และมีค่าระหว่าง 4.00-95.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.49 มก./ล. P50 เท่ากับ 14.15 มก./ล. ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2)

น้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าบีโอดีอยู่ในพิสัยที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ขณะที่น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน ซึ่งจากผลการศึกษาดังตารางที่ ค-1 และ ค-2 ในภาคผนวก ค พบว่า ผลการทดลองสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างสูง คือ 95.00 และ 65.00 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานของน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ง ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 50 มก./ล. และมีประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างต่ำ คือ ร้อยละ 78.89 และ 85.98 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทดลองอยู่ในช่วงเริ่มต้น แบคทีเรียซึ่งเป็นกลไกหนึ่งที่ช่วยในการบำบัดสารอินทรีย์ยังมีจำนวนน้อย ส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดไม่ดีนัก แต่หลังจากการทดลองครั้งที่ 3 เป็นต้นไป พบว่าค่าบีโอดีของน้ำทิ้งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานและมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าร้อยละ 95 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียในระบบมีปริมาณเพิ่มขึ้นและเพียงพอต่อการบำบัดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบมีค่าสูงกว่าในตอนเริ่มต้น อีกทั้งสภาพพีเอชในระบบมีสภาพเป็นกลางซึ่งเหมาะสมต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรีย (McCarty and Rittmann, 2001) โดยสรุปแล้ว ระบบบำบัดแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัสสามารถบำบัดค่าบีโอดีในน้ำเสียจากร้านอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉลี่ยร้อยละ 95.14

4.3.3 ของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงมาก โดยมีค่าระหว่าง 304.02-366.50 มก./ล. (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 348.50 มก./ล. ทั้งนี้เพราะน้ำเสียประกอบไปด้วยเศษอาหาร ทั้งจากการชะล้าง และการประกอบอาหาร อีกทั้งมีของเสียและสิ่งปฏิกูลจากห้องส้วมรวมอยู่ด้วย แต่เมื่อให้น้ำผ่านระบบแล้วพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากการตกตะกอน การกรองผ่านตัวกลาง รวมทั้งการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่เกาะบนตัวกลางในระบบ ทำให้ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียมีค่าลดลงมาก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.80-62.20 มก./ล. เฉลี่ยเท่ากับ 16.04 มก./ล. และ P50 เท่ากับ 6.66 มก./ล. ซึ่งการบำบัด

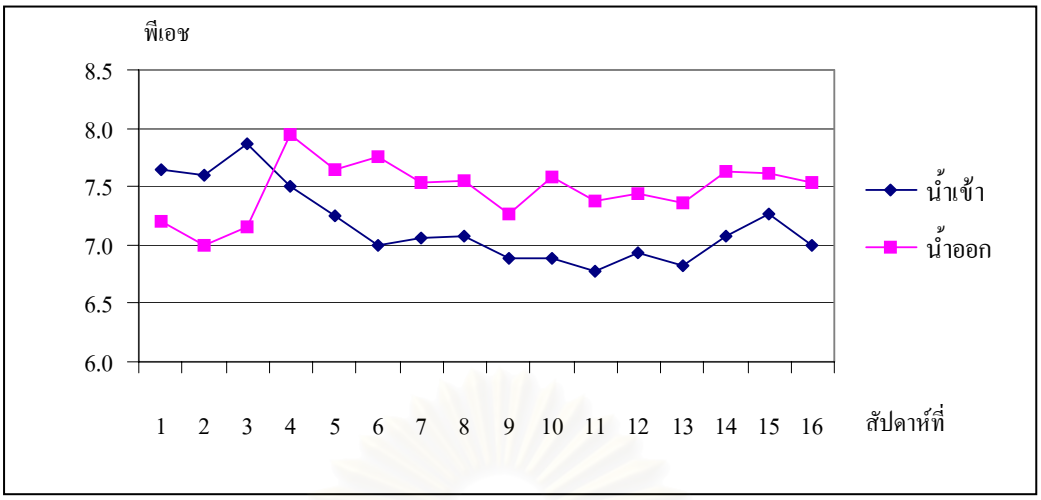
ของแข็งแขวนลอยมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกับบีโอดี กล่าวคือ ในผลการทดลองสัปดาห์ที่ 1 และ 2 การบำบัดของแข็งแขวนลอยไม่สามารถบำบัดให้มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานได้ และมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองครั้งหลังๆ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างสูง (ร้อยละ 95.48)

4.3.4 ของแข็งตะกอนหนัก

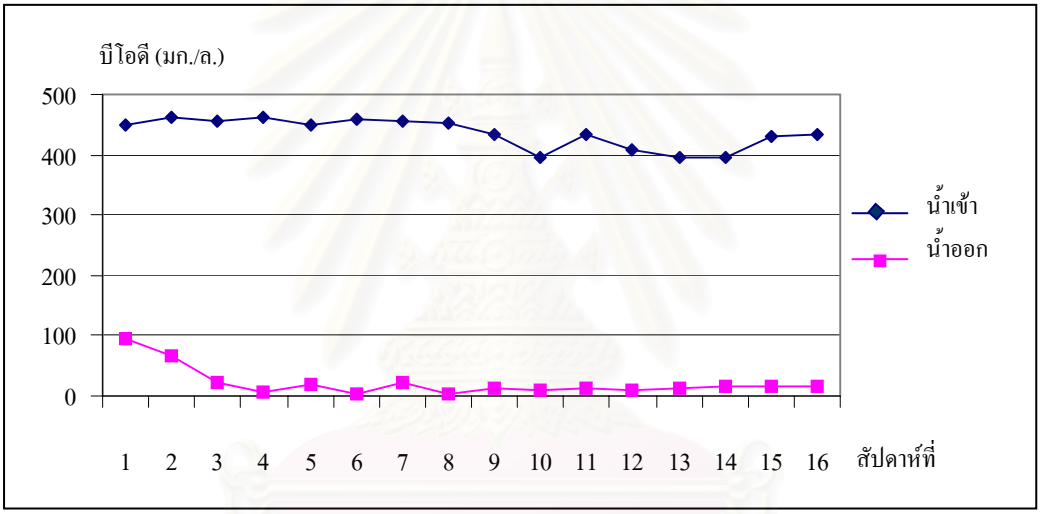
น้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าของแข็งตะกอนหนักอยู่ระหว่าง 0.00-3.20 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.72 มก./ล. ส่วนค่าของแข็งตะกอนหนักของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.10 มก./ล.มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.01 มก./ล. (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.4) และน้ำทิ้งมีค่า P50 เท่ากับ 0.00 มก./ล. จะเห็นว่าการบำบัดของแข็งตะกอนหนักมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (0.5 มก./ล.) ทั้งยังมีประสิทธิภาพสูงมาก (โดยเฉลี่ยมีค่าร้อยละ 99.55) ซึ่งการบำบัดที่มีประสิทธิภาพสูงนี้ คาดว่าของแข็งตะกอนหนักส่วนใหญ่จะตกตะกอนออกไปก่อน ทั้งในส่วนต้นของถังเกรอะ และถังกรอง หรืออาจถูกกรองโดยตัวกลางในถังกรอง ทำให้ไม่พบตะกอนหนักออกมากับน้ำทิ้งเลยหรือพบในปริมาณที่ต่ำมาก

4.3.5 ของแข็งละลายได้ทั้งหมด

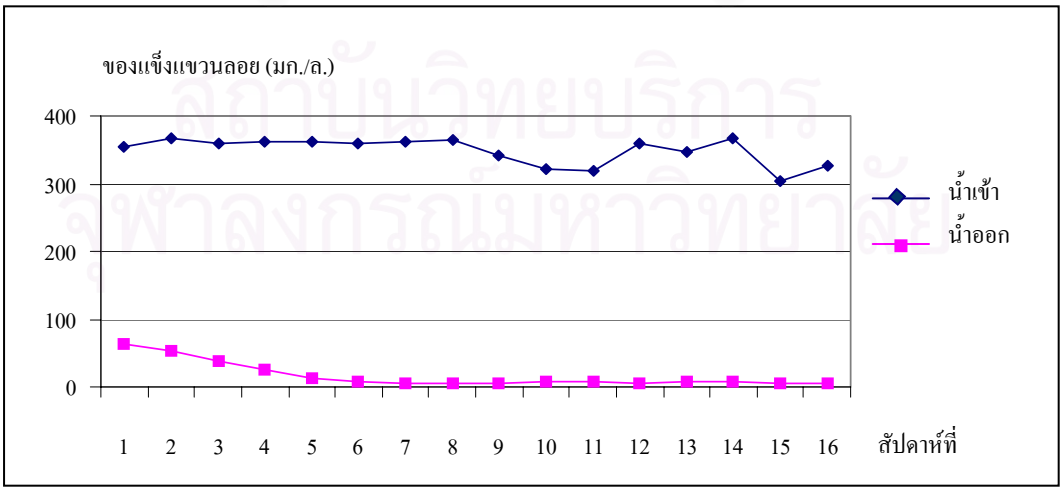
ของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเสียเป็นสารละลายที่อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543) ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.5) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 968.00-1,336.00 มก./ล. ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,119.13 มก./ล. และ 658.00-1,196.00 มก./ล. เฉลี่ยเท่ากับ 945.38 มก./ล. และ P50 เท่ากับ 1,002.00 มก./ล. ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลได้ว่า ระบบบำบัดของแข็งละลายได้ไม่ดี โดยประสิทธิภาพต่ำสุดและสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 2.14 และ 46.24 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาประกอบกับค่ามาตรฐานพบว่า ค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดในทุกครั้งของการทดลองมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 500 มก./ล. อีกทั้งประสิทธิภาพมีการบำบัดค่อนข้างต่ำ คือ เฉลี่ยร้อยละ 15.37



รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.2 ปริมาณบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส

4.3.6 ซัลไฟด์

ซัลไฟด์เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ เช่น โปรตีน เป็นต้น ซึ่งกระบวนการย่อยสลายเริ่มจากการย่อยสารซัลเฟอร์อินทรีย์ไปเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543) ซึ่งก๊าซนี้ส่งกลิ่นเหม็นเหมือนก๊าซไข่เน่า ซึ่งเมื่อซัลเฟอร์อินทรีย์ถูกย่อยเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์แล้ว จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น ซัลเฟอร์ (S) และ ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ตามลำดับ จากนั้น Sulfate reducing bacteria จะย่อยสลายซัลเฟตต่อไปเป็นซัลไฟด์ (S^{2-}) (Lens et al., 1995) ซึ่งยังสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543)

จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าน้ำเสียเข้าระบบ (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.6) มีค่าซัลไฟด์อยู่ระหว่าง 5.30-15.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.72 มก./ล. และน้ำทิ้งของระบบมีค่าซัลไฟด์อยู่ระหว่าง 0.00-0.80 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 มก./ล. จะเห็นว่าค่าซัลไฟด์มีค่าต่ำลงและมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดให้ไม่เกิน 4.0 มก./ล. ซึ่งจะเห็นว่าซัลไฟด์ทั้งในน้ำเสียและน้ำทิ้งมีอยู่น้อยมาก ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อการบำบัดน้ำเสียพารามิเตอร์อื่น ด้วย เพราะถ้าหากปริมาณซัลไฟด์มีมากเกิน 200 มก./ล. อาจทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดตะกอนและสารอินทรีย์ลดลงอย่างมาก (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543) โดยสรุปแล้วระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองสามารถลดปริมาณซัลไฟด์ลงให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้และสามารถบำบัดซัลไฟด์ได้ดี โดยมีร้อยละการบำบัดเฉลี่ยเท่ากับ 96.95

4.3.7 ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น

ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเสียประกอบด้วยไนโตรเจนอินทรีย์ และแอมโมเนียไนโตรเจน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2545) ซึ่งน้ำเสียจากร้านอาหารมีแหล่งทีเคเอ็นจากทั้งส่วนประกอบของอาหารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน เป็นต้น และแหล่งที่สำคัญที่สุด ได้แก่ น้ำจากห้องส้วมเนื่องจากน้ำปัสสาวะมีส่วนประกอบของยูเรียซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนจำนวนมากจึงพบว่าน้ำเสียมีทีเคเอ็นสูงมาก คือมีค่าระหว่าง 112.00-168.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 140.74 มก./ล. (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.7) แต่เมื่อน้ำเสียถูกบำบัดโดยถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัสแล้วพบว่าน้ำเสียมีค่าทีเคเอ็นลดลง เนื่องจากในระบบถังเกรอะมีแบคทีเรีย พวกย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนีย และแอมโมเนียมไอออน รวมทั้งรีดิวซ์สารประกอบไนโตรเจนซึ่งเป็นพวกไนไตรท์และไนเตรทด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ไปเป็นก๊าซไนโตรเจนหรือไนตรัสออกไซด์ ให้ระเหยออกสู่บรรยากาศโดยผ่านทางท่อระบายอากาศ อีกทั้งเมื่อน้ำเสียผ่านเข้าสู่ถังกรองเติมอากาศ

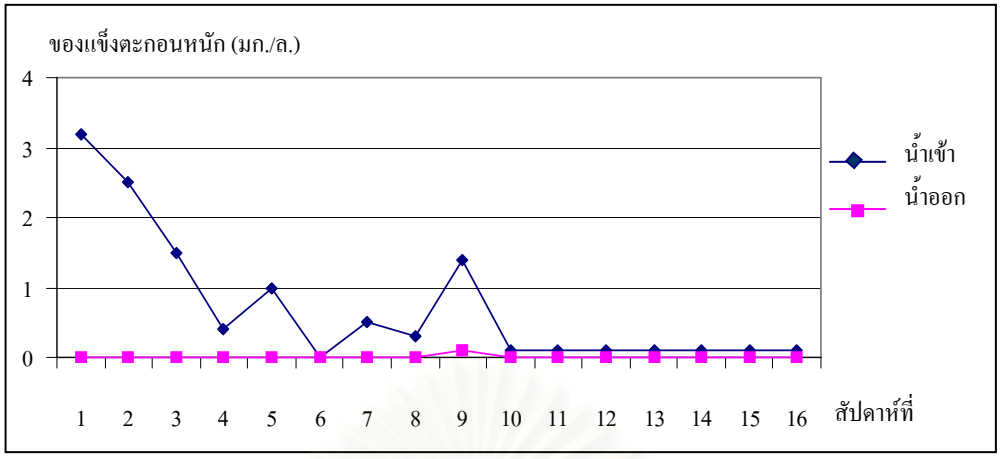
ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท ตามลำดับ ด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งแบคทีเรียสามารถดูดซึมสารอนินทรีย์เหล่านี้ไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์ใหม่ ซึ่งเป็นการบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียอีกทางหนึ่ง (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2545) ดังนั้นน้ำทิ้งที่ออกจากระบบจึงมีไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็นลดลงมากและมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.18-11.76 มก./ล. ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.54 มก./ล. รวมทั้งพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างดี คือ มีค่าเฉลี่ยของร้อยละการบำบัดเท่ากับ 94.60

4.3.8 น้ำมันและไขมัน

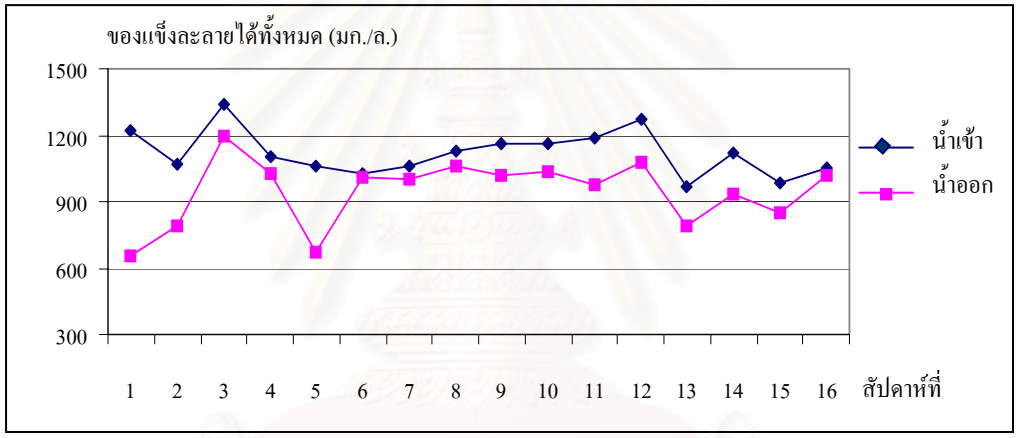
น้ำมันและไขมันในน้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการประกอบอาหาร และการซักล้างภาชนะ โดยพบว่าน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าน้ำมันและไขมันอยู่ระหว่าง 14.00-34.50 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.29 มก./ล. ส่วนค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-7.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.23 มก./ล. (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.8) การบำบัดน้ำมันและไขมันของระบบค่อนข้างมีประสิทธิภาพสูงเช่นเดียวกัน คือมีร้อยละของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 94.61

โดยสรุป ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน ได้ดี กล่าวคือร้อยละ 95.14 95.48 99.55 96.95 94.60 และ 94.61 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.9) และเมื่อพิจารณาจากค่า P50 ของคุณลักษณะน้ำทิ้งโดยส่วนใหญ่มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งได้แก่ พีเอช 7.54 บีโอดี 14.15 มก./ล. ของแข็งแขวนลอย 6.66 มก./ล. ของแข็งตะกอนหนัก 0.00 มก./ล. ซัลไฟด์ 0.13 มก./ล. ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น 8.26 มก./ล. น้ำมันและไขมัน 0.28 มก./ล. ยกเว้นค่าของแข็งละลายทั้งหมดที่มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

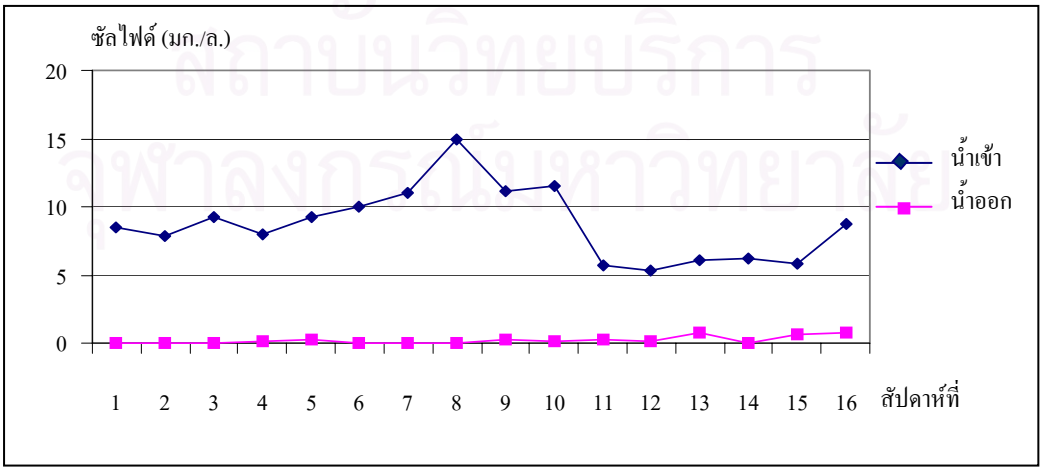
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



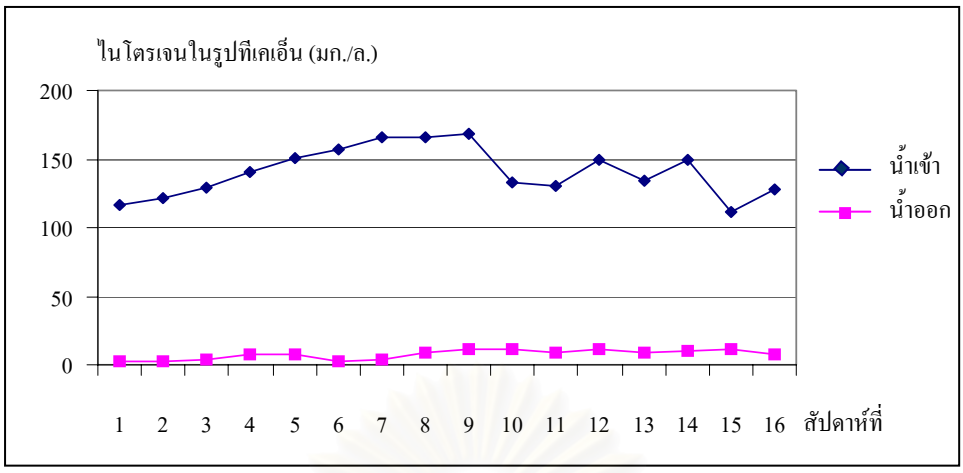
รูปที่ 4.4 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส



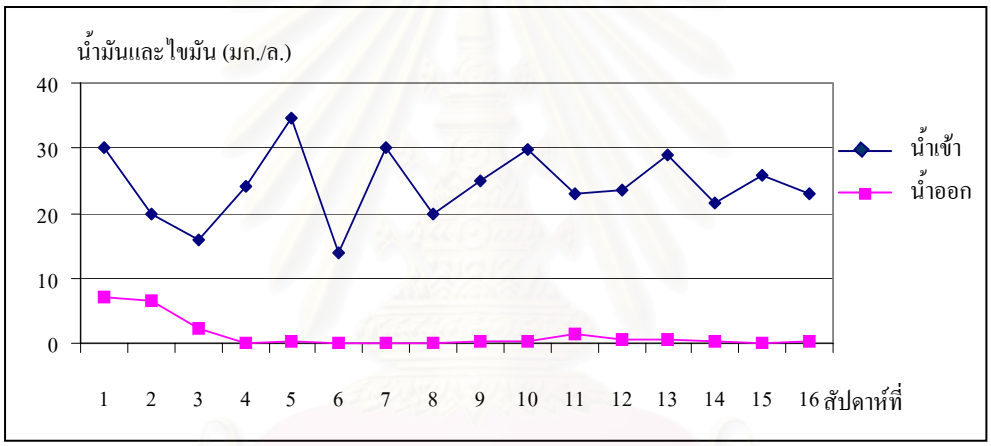
รูปที่ 4.5 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส



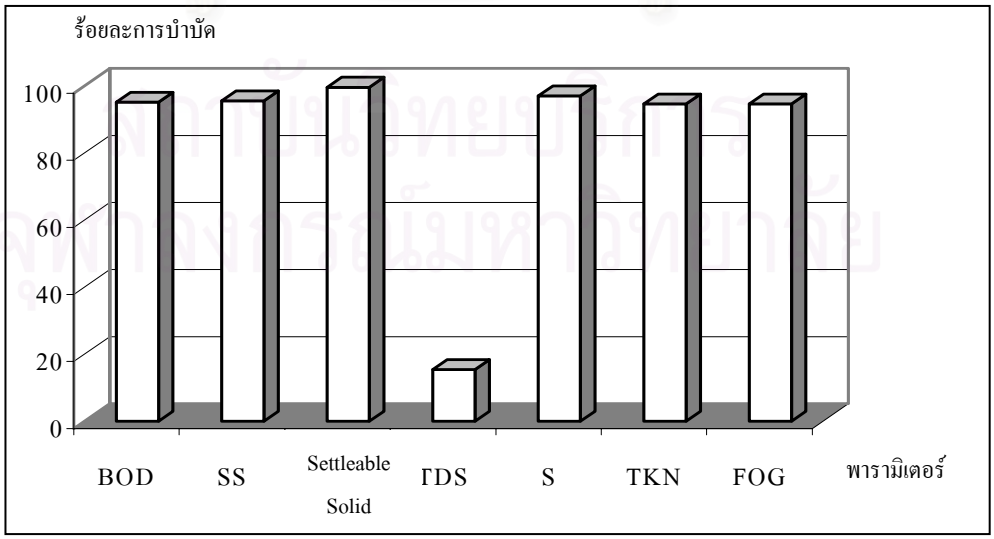
รูปที่ 4.6 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.7 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.8 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส

4.4 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง

การศึกษาระบบบำบัดแบบที่ 2 ถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสเพื่อบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารมีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในถังเกรอะเท่ากับ 32 ชั่วโมง ถังกรองไร้อากาศมีระยะเวลาเก็บกัก 18 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 18 ชั่วโมง ซึ่งมีผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสียเข้าระบบ น้ำทิ้ง และประสิทธิภาพการบำบัด ดังตารางที่ 4.3 และอธิบายได้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 คุณภาพของน้ำเสีย น้ำทิ้ง และประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย		P(50) น้ำทิ้ง	มาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท ง.	ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง			
1. พีเอช	7.19	7.68	7.69	5-9	-
2. บีโอดี (มก./ล.)	444.75	21.68	18.80	≤50	95.17
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	424.86	11.17	9.47	≤50	97.13
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	1.80	0.07	0.00	≤0.5	98.95
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	726.06	545.56	536.00	≤500	25.40
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	4.44	0.37	0.13	≤4.0	98.84
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	119.93	2.25	2.38	≤40	98.12
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	36.23	5.44	1.24	≤20	87.37

หมายเหตุ จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 16 ตัวอย่าง

4.4.1 พีเอช

การใช้ถังกรองไร้อากาศต่ออนุกรมก่อนที่จะนำน้ำเสียเข้าสู่ถังกรองเติมอากาศสัมผัส และปล่อยน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ เป็นการช่วยเสริมประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียให้ดียิ่งขึ้น โดยถังกรองไร้อากาศมีความยืดหยุ่นในการรองรับน้ำเสียที่มีสภาพพีเอชที่แตกต่างกันมาก ๆ ได้ (Barber et al., 1999) แต่อย่างไรก็ตาม พีเอชของน้ำเสียในการทดลองครั้งนี้ (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.10) มีค่าไม่แปรปรวนมากนัก คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 6.10-7.67 เฉลี่ยเท่ากับ 7.19 ซึ่งไม่น่าจะเป็นอุปสรรคต่อการบำบัดน้ำเสียของระบบ จึงส่งผลให้น้ำทิ้งที่ออกระบบมีค่า

ค่อนข้างเป็นกลางด้วย คือมีค่าอยู่ระหว่าง 6.93-8.10 เฉลี่ยเท่ากับ 7.68 ซึ่งเป็นสภาพพีเอชซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งอาจส่งเสริมให้การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพของระบบให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

4.4.2 บีโอดี

บีโอดีของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.11 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าบีโอดีอยู่ระหว่าง 384.00-489.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 444.75 มก./ล. ส่วนค่าบีโอดีของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าระหว่าง 9.00-67.50 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.68 มก./ล. ซึ่งจากการพิจารณาค่าบีโอดีของน้ำทิ้งในการทดลองแต่ละครั้ง พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับการบำบัดของระบบที่ 1 (ระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส) กล่าวคือ การทดลองครั้งแรกบีโอดีของน้ำทิ้งมีค่าเกินเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด และมีประสิทธิภาพการบำบัดยังไม่ดี อาจเนื่องมาจากช่วงเริ่มต้นระบบยังไม่เข้าสู่สมดุลการบำบัดจึงยังไม่ดีเท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมพบว่าระบบสามารถบำบัดบีโอดีได้ดี โดยร้อยละการบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 95.17 ซึ่งสอดคล้องกับ Bodik et al. (2003) ที่รายงานไว้ว่าระบบถังกรองไร้อากาศ+เติมอากาศสัมผัสที่มี HRT 15 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ มีความสามารถในการบำบัดบีโอดีได้สูงถึงร้อยละ 92.5-94.0

การบำบัดบีโอดีหรือสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 2 ในการทดลองนี้จะเป็นการเสริมกันของระบบไร้อากาศและเติมอากาศสัมผัส เนื่องจากมีทั้งจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังเกรอะและถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic bacteria) ซึ่งมีบทบาทในการย่อยสลายโดยใช้กลไกทางเคมีแบบออกซิเดชัน-รีดักชันหรือปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox) ซึ่งเป็นกระบวนการบำบัดโดยไม่ใช้ออกเจนในการรับอิเล็กตรอน แต่จะใช้สารรับอิเล็กตรอนตัวอื่นแทน อาทิ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรท หรือซัลเฟต เป็นต้น ทำให้มีก๊าซมีเทน และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้นด้วย ซึ่งน้ำทิ้งจากการย่อยสลายของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศนั้นมีผู้ศึกษาไว้ว่ามีค่าบีโอดีไม่น้อยกว่า 30 มก./ล. (อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และ เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ, 2534) ซึ่งเกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2543) รายงานไว้ว่า ถังเกรอะ และถังกรองไร้อากาศมีความสามารถในการกำจัดบีโอดีร้อยละ 50-70 และ 60-80 ซึ่งนับว่าเป็นประสิทธิภาพที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นในความเป็นจริงแล้วไม่จำเป็นต้องมีการต่อระบบเติมอากาศสัมผัสเข้ามาอีก แต่ในการศึกษาครั้งนี้คำนึงถึงช่วงเวลาที่รับน้ำเสียที่มี Organic loading สูงของช่วงวัน รวมทั้งคาดว่าในอนาคตอาจมี Organic loading ที่สูงขึ้น จึงมีการต่ออนุกรมถังกรองเติมอากาศสัมผัสเข้ามาด้วย ซึ่งแบคทีเรียพวก Aerobic bacteria ในถังกรองดังกล่าวยังสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่เหลือจากกระบวนการย่อยแบบไร้อากาศในระบบถังเกรอะและถังกรองไร้อากาศได้ด้วย จึงเป็นตัวที่เสริมประสิทธิภาพและเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติด้วย

4.4.3 ของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.12 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ระหว่าง 322.00-523.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 424.86 มก./ล. ส่วนค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าระหว่าง 4.00-30.10 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.71 มก./ล. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

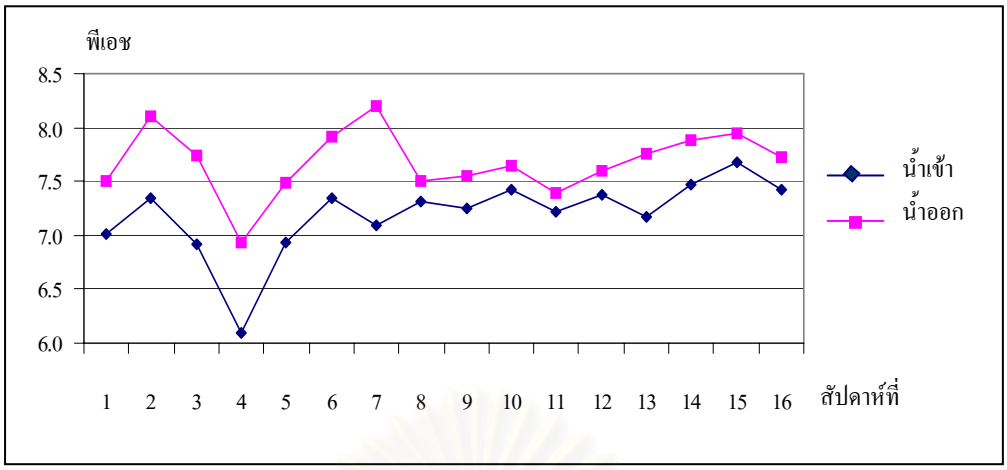
โดยปกติแล้วระบบถังเกรอะและถังกรองไร้อากาศมีความสามารถในการบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ดี คือ สามารถบำบัดได้ร้อยละ 70-80 และ 50-70 (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้มีการใช้ระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ และยังตามด้วยถังกรองเติมอากาศสัมผัส ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก คือ เฉลี่ยร้อยละ 97.13 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ Bodik et al. (2003) รายงานไว้ว่าประสิทธิภาพของ ระบบถังกรองไร้อากาศ + เติมอากาศสัมผัส ที่มี HRT 15 และ 4 ชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 80.9-92.7

4.4.4 ของแข็งตะกอนหนัก

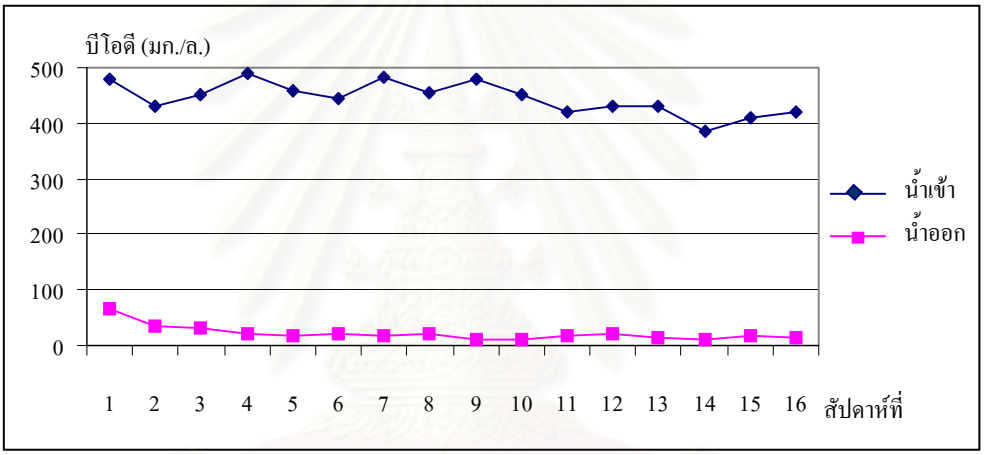
ของแข็งตะกอนหนักของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.13 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าของแข็งตะกอนหนักอยู่ระหว่าง 0.00-7.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.80 มก./ล. ส่วนค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-1.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.07 มก./ล. ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 98.95 ซึ่งประเมินได้ว่าระบบสามารถบำบัดของแข็งตะกอนหนักได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.4.5 ของแข็งละลายได้ทั้งหมด

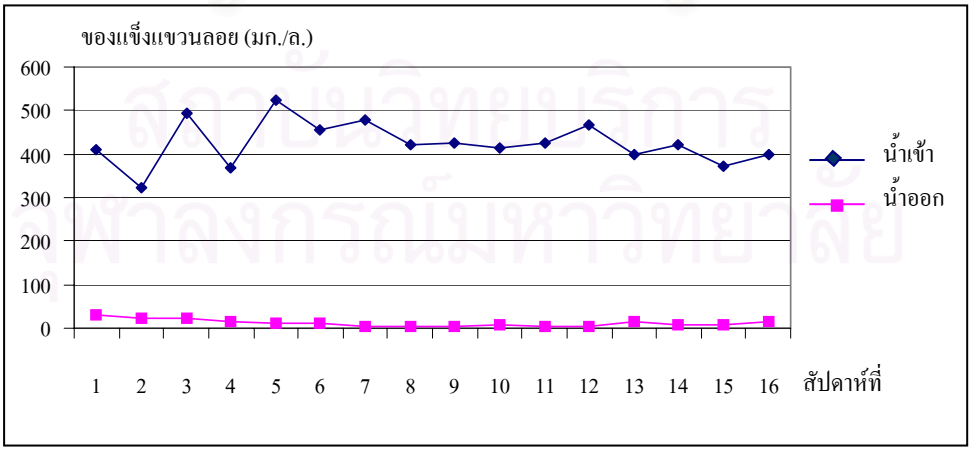
ของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.14 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 501.00-1,026.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 726.06 มก./ล. ส่วนค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 301.00-798.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 545.56 มก./ล. ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำทิ้งมีค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดมีค่าเกินเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด และเมื่อพิจารณาจากค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำทิ้งแต่ละครั้งในการทดลอง พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเกินค่ามาตรฐาน แต่ก็พบบ้างที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน โดยประสิทธิภาพโดยรวมพบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ คือ เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 25.40



รูปที่ 4.10 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง



รูปที่ 4.11 ปริมาณบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง



รูปที่ 4.12 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง

4.4.6 ซัลไฟด์

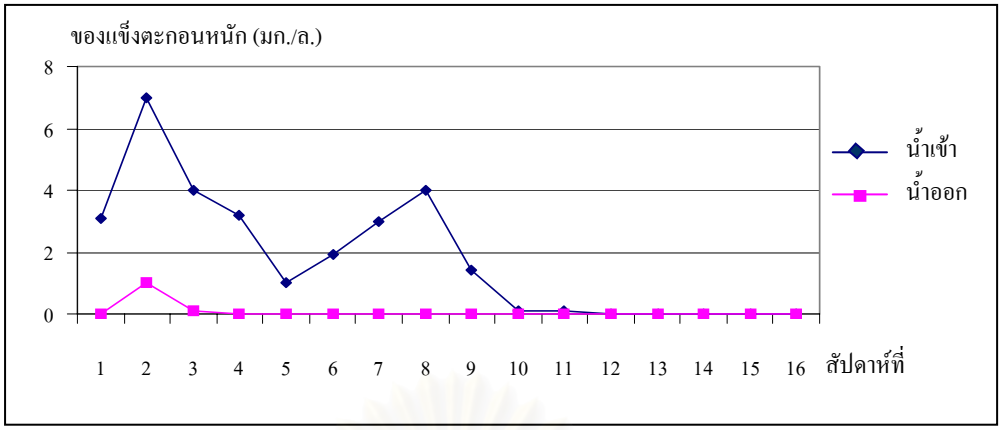
ซัลไฟด์ของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.15 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าซัลไฟด์อยู่ระหว่าง 2.60-7.00 มก./ล. ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 มก./ล. ส่วนค่าซัลไฟด์ของน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-3.00 มก./ล. ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.37 มก./ล.

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างน้ำออกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 2 และ 1 พบว่าระบบที่ 2 ซึ่งมีถังเกรอะ+ถังกรองไร้อากาศ มีซัลไฟด์อยู่ในน้ำทิ้งสูงกว่า อาจเป็นเพราะการเกิดกระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจนในถังเกรอะ+ถังกรองไร้อากาศก่อให้เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้นมากกว่าระบบแบบที่ 1 ซึ่งมีถังเกรอะซึ่งมีสภาพไร้อากาศถังเดียว ซึ่งเป็นสาเหตุที่ส่งผลให้ระบบที่ 2 มีซัลไฟด์ในน้ำทิ้งสูงกว่า และมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่าแบบที่ 1 แต่ต่างกันไม่มากนักโดยมีร้อยละของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92.84 และ 96.95 ตามลำดับ

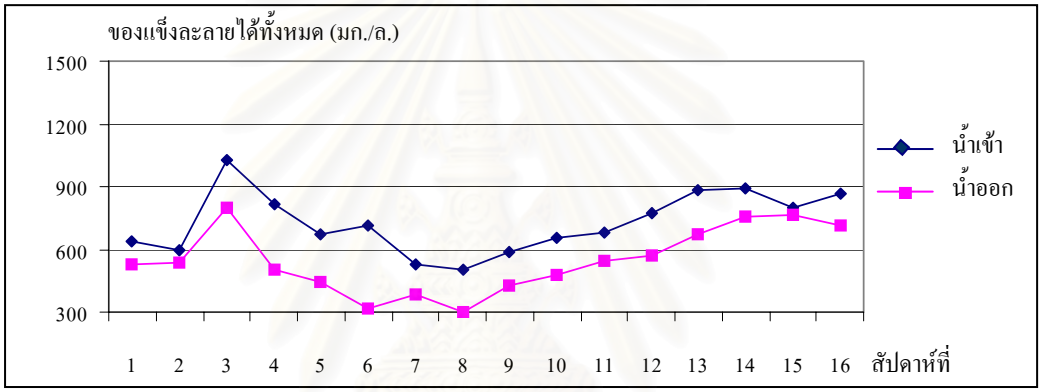
4.4.7 ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น

ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.16 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นอยู่ระหว่าง 92.00-153.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 119.93 มก./ล. ส่วนค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-5.04 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.25 มก./ล.

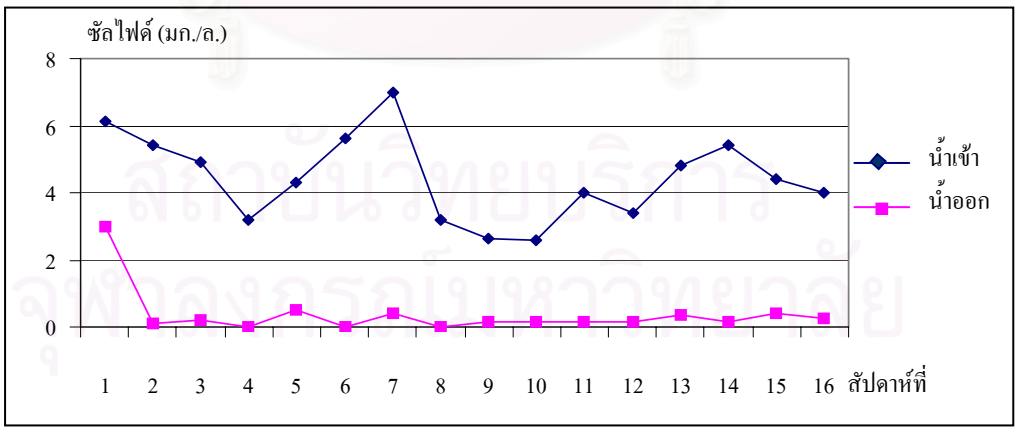
สำหรับการบำบัดทีเคเอ็นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 2 นี้ มีระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (HRT) ในถังปฏิกิริยาค่อนข้างนาน ดังนั้นการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนอินทรีย์ไปเป็นแอมโมเนียโดย Anaerobic bacteria ในถังเกรอะ+ถังกรองไร้อากาศ และการเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทโดยกระบวนการไนตริฟิเคชันในถังกรองเติมอากาศสัมผัส สามารถลดปริมาณไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็นลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉลี่ยร้อยละของประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าเท่ากับ 98.12 ซึ่งมีค่าสูงกว่าในการศึกษาของ Bodik et al. (2003) ที่รายงานไว้ว่าระบบถังกรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนเพียงร้อยละ 46.4-87.3 และเกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2543) ที่รายงานไว้ว่า ถังเกรอะ และถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนร้อยละ 10-20 และ 10-50 ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง



รูปที่ 4.14 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง



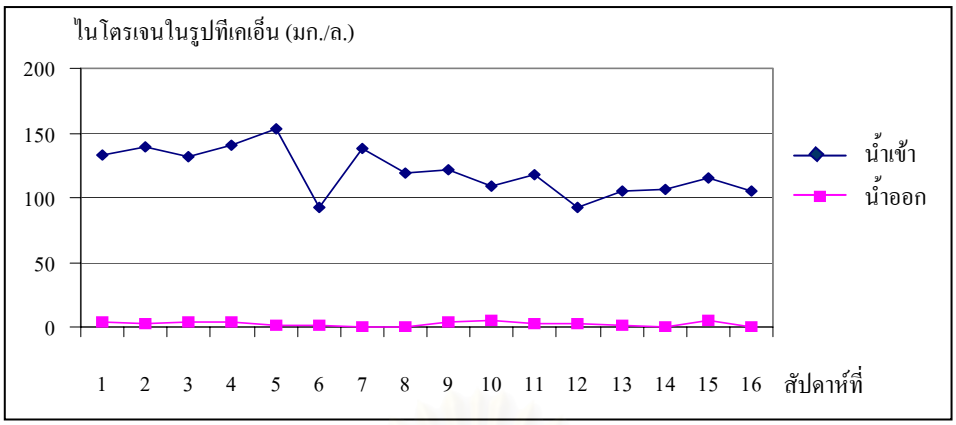
รูปที่ 4.15 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง

4.4.8 น้ำมันและไขมัน

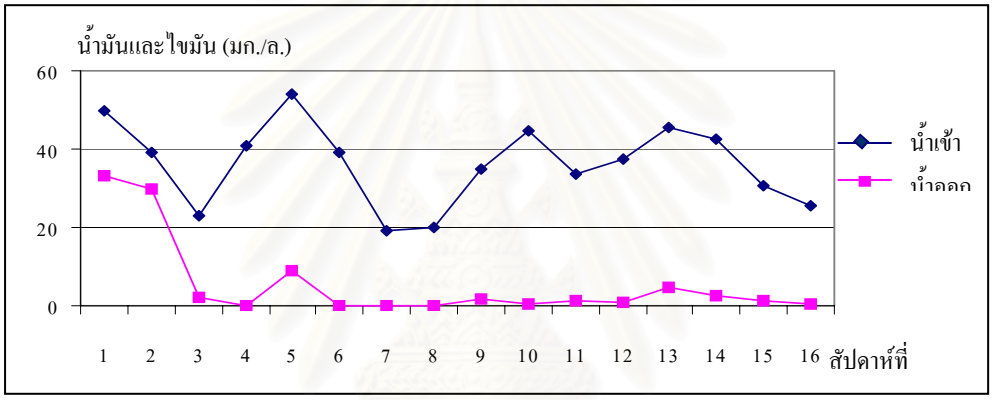
น้ำมันและไขมันของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.17 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าน้ำมันและไขมันอยู่ระหว่าง 19.00-54.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.23 มก./ล. ส่วนค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-33.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.44 มก./ล. โดยเมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแต่ละครั้ง พบว่า ค่าน้ำมันและไขมันมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดในผลการทดลองสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ คือ มีค่าน้ำมันและไขมันเท่ากับ 33.00 และ 30.00 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นเพราะระบบยังไม่เสถียรพอในช่วงแรกทำให้การบำบัดน้ำมันและไขมันไม่ดีเท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองในสัปดาห์ต่อ ๆ มาพบว่าน้ำมันและไขมันในน้ำเสียมีค่าลดลง และต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้ (20 มก./ล.) ซึ่งตรงกับรายงานของ Nakajima et al. (1999) ที่รายงานว่าเมื่อใช้ถังกรองเติมอากาศสัมผัสภายหลังจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นจากร้านอาหาร สามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมันให้ลดลงได้ไม่เกิน 30 มก./ล.

สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมันของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส พบว่าโดยรวมแล้วร้อยละการบำบัดมีค่าค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 87.37

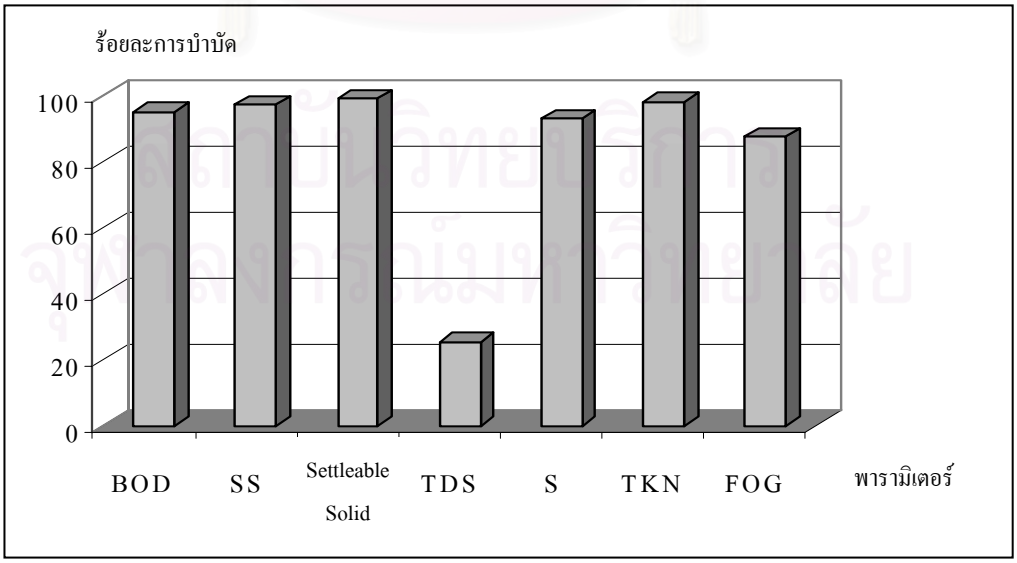
โดยสรุป ระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 2 (ระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส) ที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัดดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.18 โดยพบว่าสามารถบำบัด บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน ได้ดี กล่าวคือมีร้อยละของประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 95.17 97.13 98.95 92.84 98.12 และ 87.37 ตามลำดับ แต่บำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดได้ไม่ดี คือ มีค่าเท่ากับ 25.40 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า P50 ของคุณลักษณะน้ำทิ้งพบว่าค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ พีเอช 7.69 บีโอดี 18.80 มก./ล. ของแข็งแขวนลอย 9.47 มก./ล. ของแข็งตะกอนหนัก 0.00 มก./ล. ซัลไฟด์ 0.13 มก./ล. ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น 2.38 มก./ล. และ น้ำมันและไขมัน 1.24 มก./ล.



รูปที่ 4.16 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง



รูปที่ 4.17 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง



รูปที่ 4.18 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง

4.5 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มี ระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง

การศึกษาระบบบำบัดแบบที่ 3 ถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสเพื่อบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารมีลักษณะเช่นเดียวกับระบบบำบัดแบบที่ 2 แต่มีข้อแตกต่างกันที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย โดยในระบบบำบัดแบบที่ 3 นี้ ถังเกรอะมีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียเท่ากับ 32 ชั่วโมง ถังกรองไร้อากาศมีระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งกลไกการบำบัดน้ำเสียพารามิเตอร์ต่าง ๆ นั้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับการบำบัดน้ำเสียของระบบที่ 2 ทุกประการ แต่อย่างไรก็ตามการที่ระบบนี้มีระยะเวลาเก็บกักทั้งในถังกรองไร้อากาศ และถังกรองเติมอากาศสัมผัสที่นานกว่าอาจทำให้แต่คุณภาพน้ำทิ้งรวมถึงประสิทธิภาพการบำบัดมีข้อแตกต่างไปจากระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักสั้นกว่า โดยสามารถสรุป คุณภาพน้ำเสีย น้ำทิ้ง และประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 3 ได้ดังตารางที่ 4.4 และอธิบายได้ดังนี้

ตารางที่ 4.4 คุณภาพของน้ำเสีย น้ำทิ้ง และประสิทธิภาพการบำบัด ของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย		P(50) น้ำทิ้ง	มาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท ง.	ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง			
1. พีเอช	6.81	7.62	7.69	5-9	-
2. บีโอดี (มก./ล.)	361.25	14.82	2.85	≤50	95.76
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	294.93	5.58	3.50	≤50	98.11
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	1.55	0.06	0.00	≤0.5	97.34
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	915.44	790.25	793.5	≤500	13.41
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	7.01	0.40	0.27	≤4.0	93.98
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	88.68	2.30	1.68	≤40	97.35
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	30.39	0.28	0.13	≤20	99.06

หมายเหตุ จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 16 ตัวอย่าง

4.5.1 พีเอช

พีเอชของน้ำเสีย และน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.19 โดยที่น้ำเสียที่เข้าระบบมีพีเอชอยู่ระหว่าง 6.47-7.50 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.81 ส่วนพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจาก

ระบบอยู่ระหว่าง 7.00-8.11 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.62 จะเห็นว่าพีเอชทั้งในน้ำเข้าและน้ำออกมีค่าเป็นกลางเป็นส่วนใหญ่ จึงคาดว่าจะส่งผลดีต่อการบำบัดน้ำเสียของระบบ เนื่องจากแบคทีเรียสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพที่พีเอชเป็นกลาง (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543)

4.5.2 บีโอดี

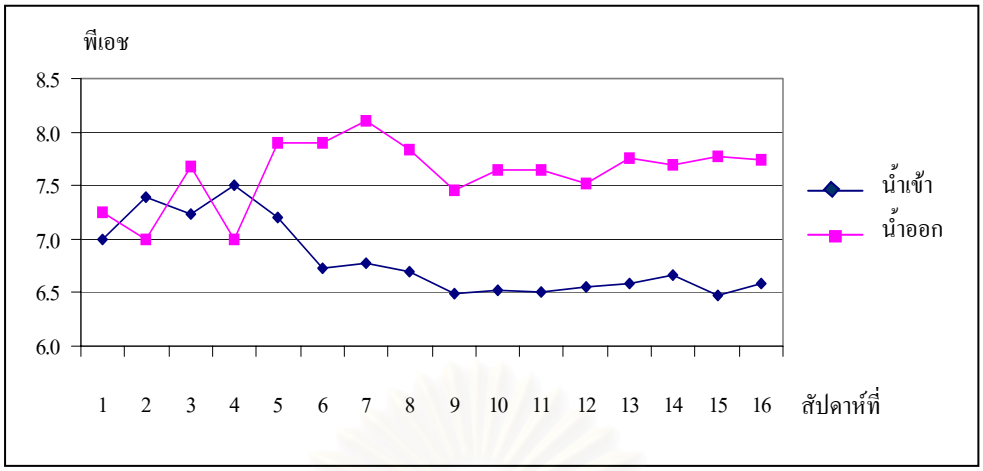
บีโอดีของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.20 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าบีโอดีอยู่ระหว่าง 312.00-414.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 361.25 มก./ล. ส่วนค่าบีโอดีของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าระหว่าง 0.60-62.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.82 มก./ล. เมื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพการบำบัด พบว่าโดยเฉลี่ยมีค่าร้อยละของการบำบัดค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 95.76 ซึ่งสอดคล้องกับผลประสิทธิภาพการบำบัดของระบบที่ 2 ซึ่งมี HRT ต่างกัน ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

4.5.3 ของแข็งแขวนลอย

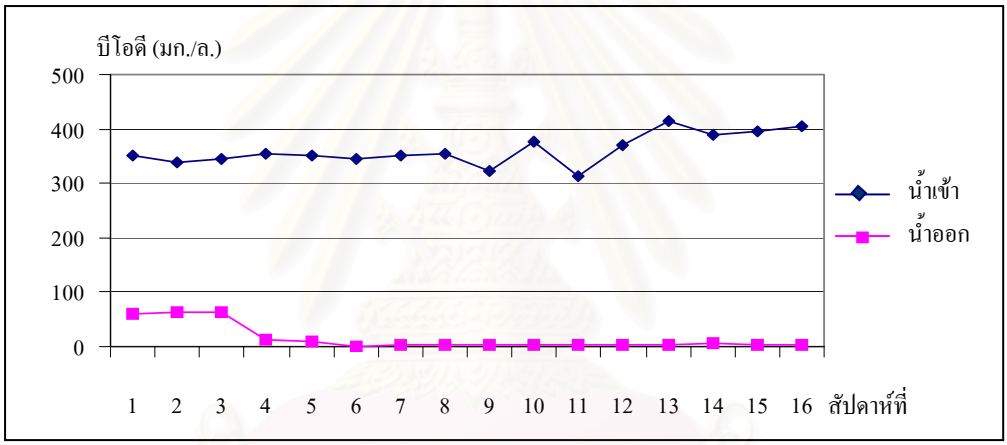
ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ และรูปที่ 4.21 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ระหว่าง 252.00-354.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 294.93 มก./ล. ส่วนค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่อกจากระบบมีค่าระหว่าง 0.00-28.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.58 มก./ล. ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานกำหนด และประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยดีมาก คือมีค่าร้อยละ 98.11

4.5.4 ของแข็งตะกอนหนัก

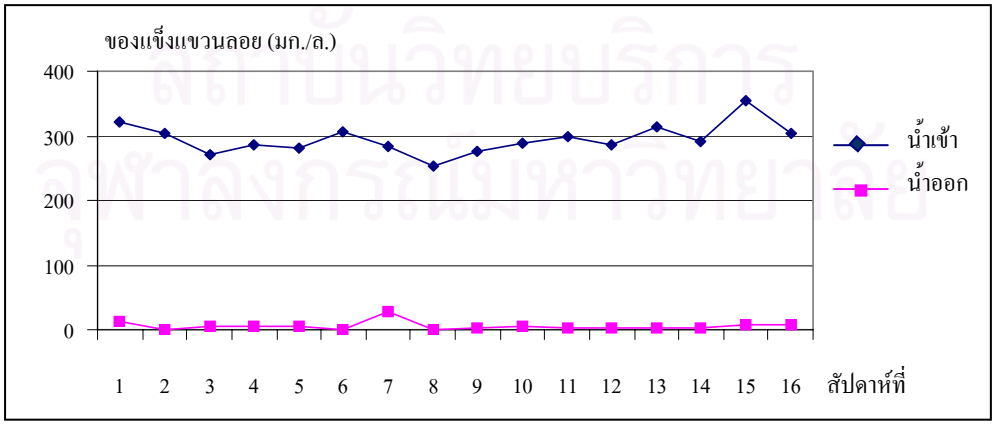
ของแข็งตะกอนหนักของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.22 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าของแข็งตะกอนหนักอยู่ระหว่าง 0.00-8.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 มก./ล. ส่วนค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.60 มก./ล.มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.06 มก./ล. ซึ่งจะเห็นว่าค่าของแข็งตะกอนหนักในน้ำทิ้งมีค่าไม่เกินตามที่เกณฑ์มาตรฐานกำหนด อีกทั้งประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าค่อนข้างสูง คือ 97.34



รูปที่ 4.19 ปริมาณพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง



รูปที่ 4.20 ปริมาณบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง



รูปที่ 4.21 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง

4.5.5 ของแข็งละลายได้ทั้งหมด

ของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.23 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 785.00-1,081.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 915.44 มก./ล. ส่วนค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 636.00-951.00 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 790.25 มก./ล. ซึ่งจะเห็นว่าค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างสูงและเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ให้ไม่เกิน 500 มก./ล. ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดมีค่าต่ำด้วยคือเฉลี่ยร้อยละ 13.41

4.5.6 ซัลไฟด์

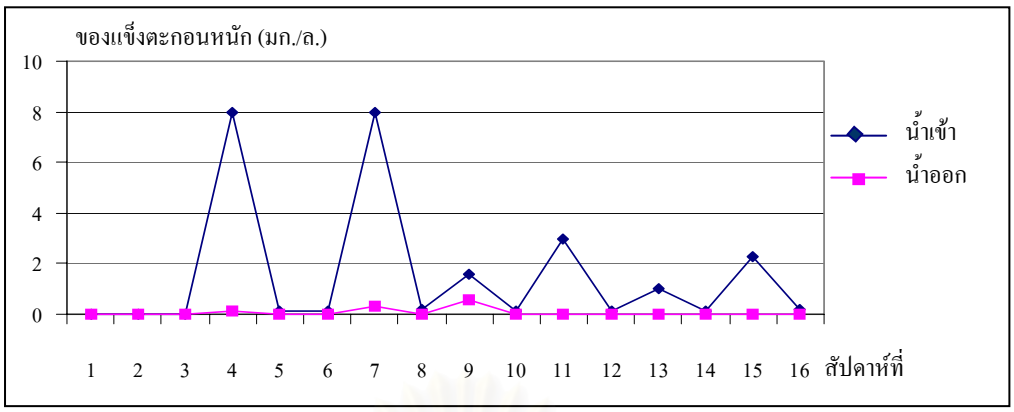
ซัลไฟด์ของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตาราที่ 4.4 และรูปที่ 4.24 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าซัลไฟด์อยู่ระหว่าง 4.93-8.56 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.01 มก./ล. ส่วนค่าซัลไฟด์ของน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-1.20 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.4 มก./ล. ซึ่งพิจารณาได้ว่าระบบสามารถบำบัดซัลไฟด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากร้อยละเฉลี่ยของการบำบัดมีค่าสูง คือ ร้อยละ 93.98 และค่าซัลไฟด์ในน้ำทิ้งมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้ ซึ่งผลการศึกษาค่อนข้างสอดคล้องกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 2 ซึ่งมี HRT รวมต่ำกว่าดังที่กล่าวข้างต้น

4.5.7 ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น

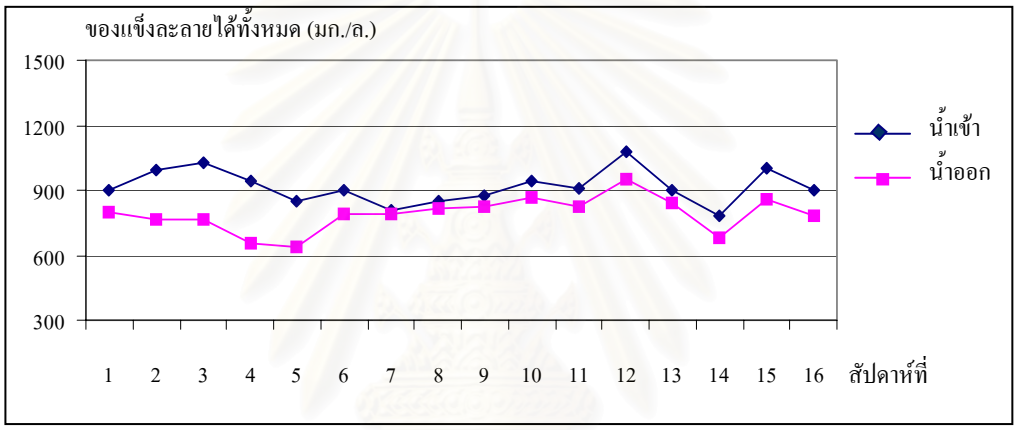
ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบมีค่าดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.25 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นอยู่ระหว่าง 82.00-104.50 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.68 มก./ล. ส่วนค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.56-10.08 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.30 มก./ล. ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานแล้ว พบว่าค่าทีเคเอ็นมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นของระบบดีมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 97.35 ซึ่งสอดคล้องกับการระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 2 ดังกล่าวไว้ข้างต้น

4.5.8 น้ำมันและไขมัน

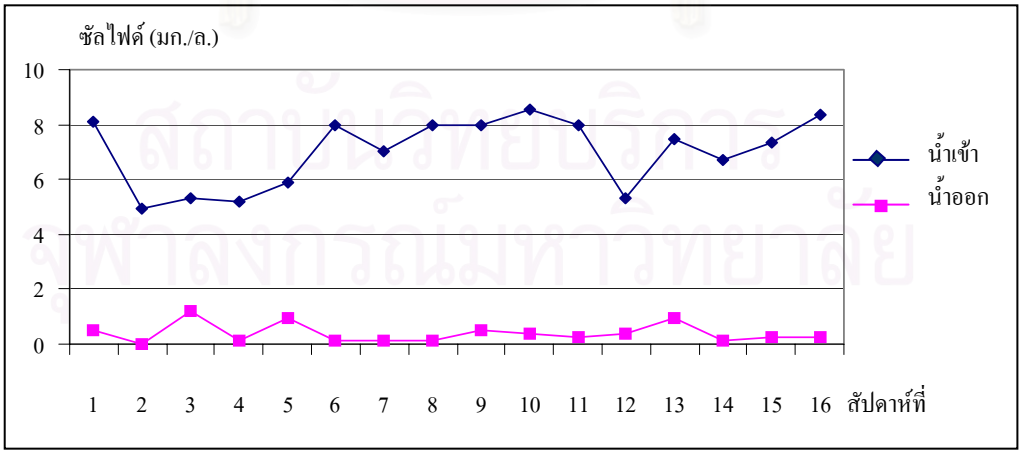
น้ำมันและไขมันของน้ำเสียและน้ำทิ้งมีค่าดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.26 โดยน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าน้ำมันและไขมันอยู่ระหว่าง 23.00-35.60 มก./ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.39 มก./ล. ส่วนค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-2.58 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 มก./ล. ซึ่งน้ำทิ้งมีคุณภาพดีมีค่าน้ำมันและไขมันไม่เกินเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เมื่อคำนวณประสิทธิภาพของระบบพบว่าร้อยละของการบำบัดสูงมาก คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 99.06



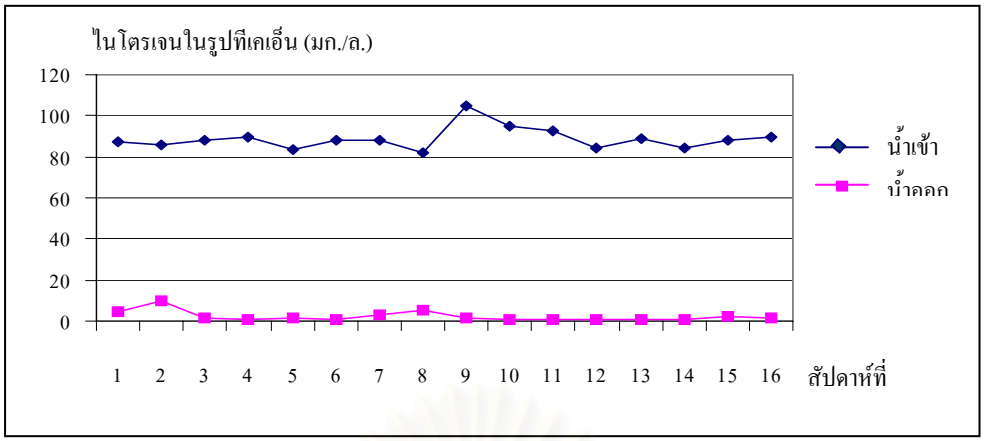
รูปที่ 4.22 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง



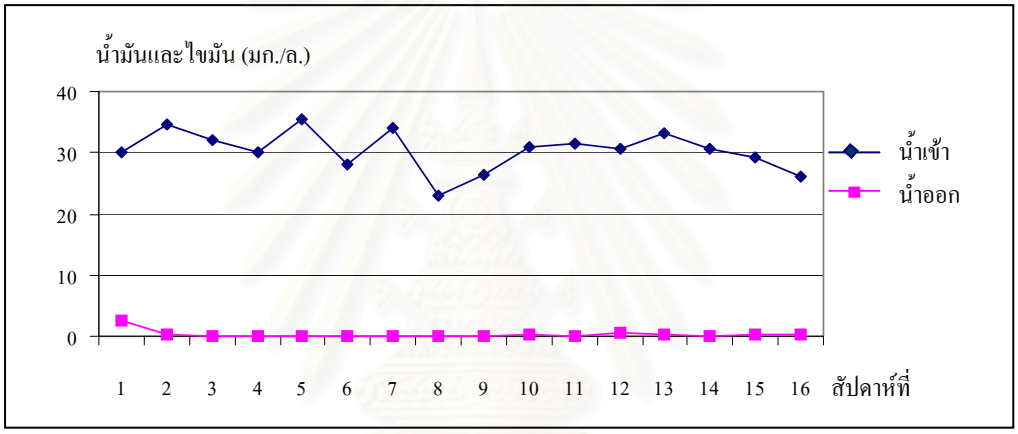
รูปที่ 4.23 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง



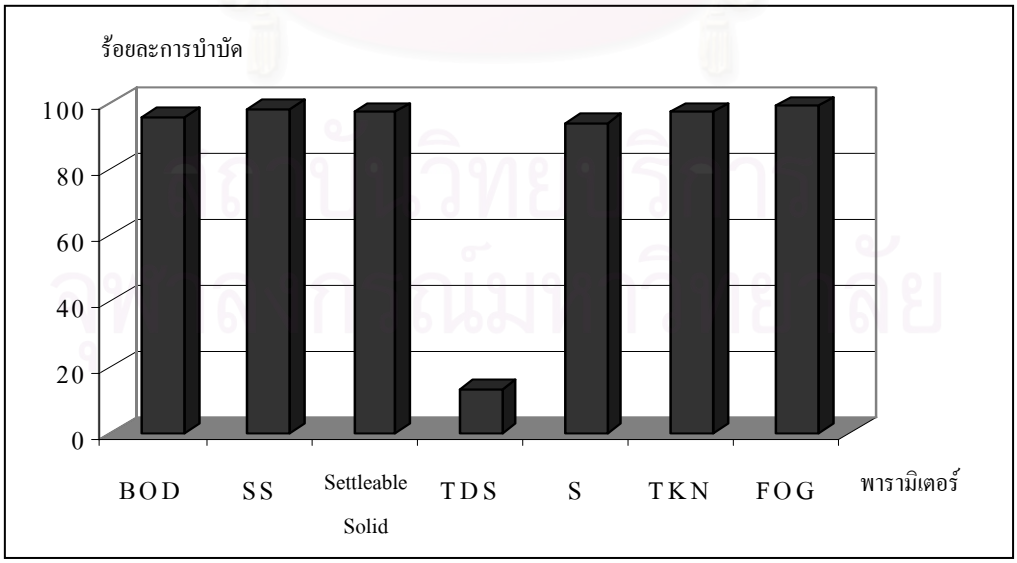
รูปที่ 4.24 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง



รูปที่ 4.25 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง



รูปที่ 4.26 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง



รูปที่ 4.27 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง

โดยสรุป ระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 3 ซึ่งเป็นระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัดดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.27 ซึ่งการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และน้ำมันและไขมัน สามารถบำบัดได้ดี กล่าวคือ ร้อยละ 95.76 98.11 97.34 93.98 97.35 และ 99.06 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า P50 ของคุณลักษณะน้ำทิ้งแต่ละพารามิเตอร์ พบว่ามีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานเกือบทุกพารามิเตอร์ ซึ่งได้แก่ พีเอช 7.69 บีโอดี 2.85 มก./ล. ของแข็งแขวนลอย 3.50 มก./ล. ของแข็งตะกอนหนัก 0.00 มก./ล. ซัลไฟด์ 0.27 มก./ล. ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น 1.68 มก./ล. และน้ำมันและไขมัน 0.13 มก./ล. ยกเว้นของแข็งละลายทั้งหมดที่บำบัดได้ไม่ดี และมีค่าสูงเกินเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสีย น้ำทิ้ง และประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสีย 3 ระบบ ซึ่งได้แก่ (1) ระบบบำบัดแบบที่ 1; ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส โดยระบบนี้ถังเกรอะมีระยะเวลาเก็บกัก 32 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง (2) ระบบบำบัดแบบที่ 2; ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ระบบนี้ถังเกรอะมีระยะเวลาเก็บกัก 32 ชั่วโมง ถังกรองไร้อากาศมีระยะเวลาเก็บกัก 18 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 18 ชั่วโมง และ (3) ระบบบำบัดแบบที่ 3; ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส ระบบนี้ถังเกรอะมีระยะเวลาเก็บกัก 32 ชั่วโมง ถังกรองไร้อากาศมีระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง และถังกรองเติมอากาศสัมผัสมีระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียมีค่าดังสรุปไว้ในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของทั้ง 3 ระบบ

พารามิเตอร์	ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency) (ร้อยละ)		
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3
1. พีเอช	-	-	-
2. บีโอดี	95.14 $\pm$ 5.26	95.17 $\pm$ 2.91	95.76 $\pm$ 6.78
3. ของแข็งแขวนลอย	95.48 $\pm$ 5.17	97.13 $\pm$ 2.06	98.11 $\pm$ 2.33
4. ของแข็งตะกอนหนัก	99.55 $\pm$ 1.79	98.95 $\pm$ 3.58	97.34 $\pm$ 9.34
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด	15.37 $\pm$ 12.06^{a}	25.40 $\pm$ 12.49^{b}	13.41 $\pm$ 8.37^{a}
6. ซัลไฟด์	96.95 $\pm$ 4.34	92.84 $\pm$ 11.63	93.98 $\pm$ 6.08
7. ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น	94.60 $\pm$ 2.54 ^{a}	98.12 $\pm$ 1.47^{b}	97.35 $\pm$ 2.91-^{b}
8. น้ำมันและไขมัน	94.61 $\pm$ 9.59	87.37 $\pm$ 23.49	99.06 $\pm$ 2.09

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดลอง 16 สัปดาห์

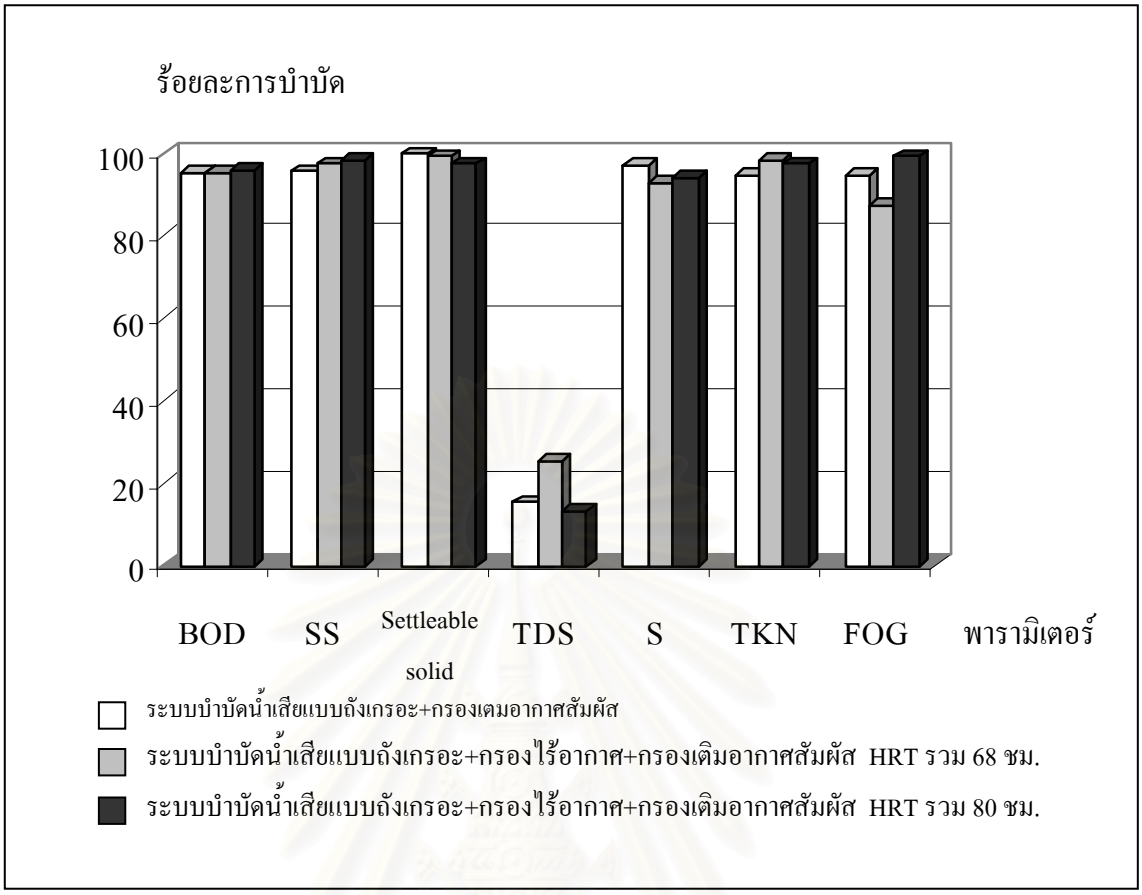
อักษรมุมบนขวาที่แตกต่างกัน (แนวนอน) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ระหว่างประสิทธิภาพของระบบ

ระบบที่ 1; ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส (HRT 32+24 ชั่วโมง)

ระบบที่ 2; ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส (HRT 32+18+18 ชั่วโมง)

ระบบที่ 3; ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัส (HRT 32+24+24 ชั่วโมง)

ผลการศึกษาในตารางที่ 4.5 สรุปได้ว่าระบบที่ 1 มีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งตะกอนหนักและซัลไฟด์สูงที่สุด ขณะที่ระบบที่ 2 สามารถบำบัดไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น และของแข็งละลายได้ได้ดีที่สุด ส่วนระบบที่ 3 สามารถบำบัดพารามิเตอร์ที่สำคัญได้ดีที่สุด คือ บีโอดี ของแข็งแขวนลอย และไขมันและน้ำมัน ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละพารามิเตอร์ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.28 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมของทั้ง 3 ระบบ

4.6.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี

ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของระบบที่ 1 2 และ 3 มีค่า ร้อยละ 95.14 95.17 และ 95.76 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 3 ซึ่งมี HRT รวม สามารถบำบัดบีโอดีได้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากระยะเวลากักเก็บน้ำเสียมีระยะเวลานานที่สุด ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ แต่จากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี One-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ ข-1 ในภาคผนวก ข) พบว่า ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของทั้ง 3 ระบบ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยถังปฏิกิริยาและ HRT ต่างกัน บำบัดบีโอดีในน้ำเสียจากร้านอาหารได้ไม่แตกต่างกัน

4.6.2 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย

ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยของระบบที่ 1 2 และ 3 มีค่า ร้อยละ 95.48 97.13 และ 98.11 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งพบว่าระบบที่ 3 ซึ่งมี HRT สูงที่สุดสามารถ

กำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ดีที่สุด แต่เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ระบบด้วย One-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ ข-2 ในภาคผนวก ข) พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของทั้ง 3 ระบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปได้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยถังปฏิกิริยาและ HRT ต่างกัน บำบัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียจากร้านอาหารได้ไม่แตกต่างกัน

4.6.3 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งตะกอนหนัก

ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งตะกอนหนักของระบบที่ 1 2 และ 3 มีค่า ร้อยละ 99.55 98.95 และ 97.34 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) พบว่าระบบที่ 1 ซึ่งมี HRT ต่ำที่สุดมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงที่สุด อาจเป็นเพราะ HRT ที่สูงขึ้นอาจทำให้ของแข็งที่ตกตะกอนไปแล้วฟุ้งกระจายขึ้นมาในน้ำเสียทำให้น้ำทิ้งมีของแข็งปนเปื้อนมาด้วยประสิทธิภาพการบำบัดของระบบที่มี HRT สูงจึงมีประสิทธิภาพต่ำกว่า HRT ต่ำ ๆ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ ข-3 ในภาคผนวก ข) พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของทั้ง 3 ระบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปได้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยถังปฏิกิริยาและ HRT ต่างกัน บำบัดของแข็งตะกอนหนักในน้ำเสียจากร้านอาหารได้ไม่แตกต่างกัน

4.6.4 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด

ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดของระบบที่ 1 2 และ 3 มีค่าร้อยละ 15.37 25.40 และ 13.41 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งเมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ ข-4 ในภาคผนวก ข) พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของทั้ง 3 ระบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จึงทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan 's new multiple range test พบว่า ระบบที่ 2 มีความสามารถในการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดได้สูงและแตกต่างจากระบบที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าประสิทธิภาพของการบำบัดของทั้ง 3 ระบบยังมีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพที่ไม่สามารถบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดได้ จึงควรนำไปเป็นประเด็นพิจารณาในการพัฒนาระบบในขั้นต่อไป

4.6.5 ประสิทธิภาพการบำบัดซัลไฟด์

ประสิทธิภาพการบำบัดซัลไฟด์ของระบบที่ 1 2 และ 3 มีค่า ร้อยละ 96.95 92.84 และ 93.98 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งเมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ ข-6 ในภาคผนวก ข) พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของทั้ง 3 ระบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปได้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยถังปฏิกิริยาและ HRT ต่างกัน บำบัดของแข็งตะกอนหนักในน้ำเสียจากร้านอาหารได้ไม่แตกต่างกัน

4.6.6 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น

ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็นของระบบที่ 1 2 และ 3 มีค่าร้อยละ 94.60 98.12 และ 97.35 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งเมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ ข-7 ในภาคผนวก ข) พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของทั้ง 3 ระบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จึงทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test พบว่า ระบบที่ 1 มีความสามารถในการบำบัดทีเคเอ็นต่ำที่สุด และแตกต่างจากระบบที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการที่ระบบที่ 1 มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่ำที่สุด อาจเป็นเพราะไม่มีการใช้ถังกรองไร้อากาศร่วมด้วย อีกทั้ง HRT รวมมีระยะเวลาสั้น ทำให้กระบวนการสำคัญในการบำบัดไนโตรเจนซึ่งต้องใช้ระยะเวลา และต้องใช้กระบวนการบำบัดโดยไม่ใช้ออกซิเจนร่วมด้วยเกิดขึ้นได้ไม่ดี กล่าวคือ ในสภาวะไร้อากาศจะเกิดกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน เปลี่ยนไนโตรเจนอินทรีย์ให้เป็นแอมโมเนีย และแอมโมเนียมไอออน ตามลำดับ อีกทั้งในสภาวะไร้อากาศ ไนเตรทจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอนและกลายเป็นก๊าซไนโตรเจนระเหยออกสู่บรรยากาศโดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งเป็นการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียได้ดีอีกกระบวนการหนึ่ง ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างระบบที่มีถังกรองไร้อากาศ และไม่มีจึงพบว่าระบบที่มีถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนดีกว่า และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่า HRT ที่แตกต่างกัน ไม่พบว่าประสิทธิภาพของระบบจะแตกต่างกัน

4.6.7 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมัน

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมันของระบบที่ 1 2 และ 3 มีค่า ร้อยละ 94.61 87.37 และ 99.06 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งเมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย

One-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ ข-9 ในภาคผนวก ข) พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของทั้ง 3 ระบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้จะพบว่าระบบที่ 3 มีประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยดีที่สุดก็ตาม

สรุปได้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยถังปฏิกิริยาและ HRT ต่างกัน บำบัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียจากร้านอาหารได้ไม่แตกต่างกัน

4.7 การศึกษาความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อการนำไปใช้

ทำการศึกษาความเหมาะสมในการลงทุนเพื่อบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ โดยพิจารณาจากค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษารายปีที่ประกอบด้วย เงินเดือน ค่าไฟฟ้า งานด้านโยธา เครื่องมือ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.7.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส

ค่าใช้จ่ายรวมของระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่1; ถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส แบ่งออกเป็น ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อการก่อสร้าง และค่าดำเนินการและบำรุงรักษา ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.6 และ ตารางที่ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส

ประเภท	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. ค่าถังบำบัดน้ำเสีย+ค่าตัวกลาง	68,000
2. ค่าอุปกรณ์การก่อสร้าง	25,000
3. ค่าเครื่องมือและอุปกรณ์	15,000
รวม	108,000

ตารางที่ 4.7 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส

ประเภท	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
1. ค่าดำเนินการ	
1.1 เงินเดือน	-
1.2 ค่าไฟฟ้า	5,256
2. ค่าบำรุงรักษา	
2.1 งานโยธา (ร้อยละ 1.0)	-
2.2 งานเครื่องมือ (ร้อยละ10)	1,500
รวม	6,756

หมายเหตุ ก) ค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย

ข) คำนวณจากค่าเงินในปี 2545

โดยสรุป ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนก่อสร้างระบบเท่ากับ 108,000 บาท ส่วนค่าดำเนินการและบำรุงรักษาหลังจากดำเนินระบบมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 6,756 บาทต่อปี หรือถ้าคิดเป็นระยะเวลา 1 เดือนเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 563 บาท โดยระบบสามารถรับน้ำเสียได้ 3 ลบ.ม./วัน ดังนั้นงบประมาณในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม./เดือนเท่ากับ 188 บาท

4.7.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะ เวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายรวมของระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 2; ถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น ค่าลงทุนในการก่อสร้าง และค่าดำเนินการและบำรุงรักษา ซึ่งสรุปรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4.8 และ และตารางที่ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง

ประเภท	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. ค่าถังบำบัดน้ำเสีย+ค่าตัวกลาง	69,000
2. ค่าอุปกรณ์การก่อสร้าง	30,000
3. ค่าเครื่องมือและอุปกรณ์	15,000
รวม	114,000

ตารางที่ 4.9 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง

ประเภท	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
1. ค่าดำเนินการ	
1.1 เงินเดือน	-
1.2 ค่าไฟฟ้า	5,256
2. ค่าบำรุงรักษา	
2.1 งานโยธา(ร้อยละ 1.0)	-
2.2 งานเครื่องมือ(ร้อยละ10)	1,500
รวม	6,756

<u>หมายเหตุ</u> ก) ค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย

ข) คำนวณจากค่าเงินในปี 2545

โดยสรุป ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+ถังกรองเติมอากาศสัมผัส ซึ่งมี HRT รวม 68 ชั่วโมง มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบเท่ากับ 114,000 บาท ซึ่งค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษามีค่าไม่แตกต่างจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 1 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 6,756 บาทต่อปี หรือ 563 บาทต่อเดือน และ 188 บาทต่อ 1 ลบ.ม.ต่อเดือน

4.7.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายรวมของระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น ค่าลงทุนในการก่อสร้าง และค่าดำเนินการและบำรุงรักษา ดังมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.10 และ ตารางที่ 4.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง

ประเภท	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. ค่าถังบำบัดน้ำเสีย+ค่าตัวกลาง	74,000
2. ค่าอุปกรณ์การก่อสร้าง	35,000
3. ค่าเครื่องมือและอุปกรณ์	15,000
รวม	124,000

ตารางที่ 4.11 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง

ประเภท	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
1. ค่าดำเนินการ	
1.1 เงินเดือน	-
1.2 ค่าไฟฟ้า	5,256
2. ค่าบำรุงรักษา	
2.1 งานโยธา (ร้อยละ 1.0)	-
2.2 งานเครื่องมือ (ร้อยละ10)	1,500
รวม	6,756

หมายเหตุ ก) ค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย

ข) คำนวณจากค่าเงินในปี 2545

สรุปได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+ถังกรองเติมอากาศสัมผัส ซึ่งมี HRT รวม 80 ชั่วโมง มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบเท่ากับ 124,000 บาท ซึ่งค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษามีค่าไม่แตกต่างจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 1 และ 2 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 6,756 บาทต่อปี หรือ 563 บาทต่อเดือน และ 188 บาทต่อ 1 ลบ.ม.ต่อเดือน

จากผลการศึกษาค่าใช้จ่ายในการลงทุน และค่าดำเนินการและบำรุงรักษาดังกล่าวไว้ข้างต้นของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 ระบบ สามารถนำมาสรุปเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4.12 ซึ่งอธิบายได้ว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนก่อสร้างระบบในครั้งแรกของระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 3 มีค่าใช้จ่ายสูงที่สุด รองลงมาคือ ระบบที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา มีค่าใช้จ่ายไม่แตกต่างกัน ทำให้การคาดการณ์ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่อปีตามอายุการใช้งาน 10 ปี มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่าลงทุน คือ ระบบที่ 3 มีค่าใช้จ่ายสูงที่สุด รองลงมาคือ ระบบที่ 2 และ 1 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ

รูปแบบระบบบำบัดน้ำเสีย	ค่าลงทุน (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)	ค่าใช้จ่ายรวมที่อายุการใช้งาน 10 ปี (บาทต่อปี)
1. ระบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส	108,000	6,756	17,556
2. ระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาการเก็บกักรวม 68 ชั่วโมง	114,000	6,756	18,156
3. ระบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักรวม 80 ชั่วโมง	124,000	6,756	19,156

4.8 แนวทางยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำ

จากการศึกษาทั้งในด้านประสิทธิภาพของการบำบัด การลงทุน และการดำเนินการและบำรุงรักษาแล้ว พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ มีประสิทธิภาพในการบำบัด บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และน้ำมันและไขมัน ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ง ส่วนของแข็งละลายได้ทั้งหมด ระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบไม่สามารถบำบัดได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ง เมื่อพิจารณาในด้านของค่าใช้จ่ายในการลงทุน และการดำเนินการและบำรุงรักษาแล้ว พบว่าระบบที่ 1 มีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดจึงเป็นระบบที่เหมาะสมและควรคัดเลือกมาเป็นระบบบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารบริเวณริมน้ำ และนำมาใช้เป็นแนวทางในการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหาร

การนำมาเสนอแนวทางยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำ จะนำค่า P50 จากผลการทดลองมาใช้ เนื่องจากค่า P50 ของน้ำทิ้งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำที่ออกจากระบบที่ร้อยละ 50 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลที่มีความแปรปรวนสูง โดยเมื่อพิจารณาจากค่า P50 ของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+ กรองเติมอากาศสัมผัส แนวทางในการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารควรจะเป็นดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ย และค่า P50 ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส และแนวทางในการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำ

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	P(50) น้ำทิ้ง	มาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท ง.	แนวทางการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำ
1. พีเอช	7.47	7.54	5-9	5-9
2. บีโอดี (มก./ล.)	21.49	14.15	≤50	≤30
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	16.04	6.66	≤50	≤20
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.01	0	≤0.5	≤0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด(มก./ล.)	945.38	1,002.00	≤500	≤500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	0.22	0.13	≤4.0	≤1.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	7.54	8.26	≤40	≤10
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	1.23	0.28	≤20	≤10

แนวทางยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำดังตารางที่ 4.13 สามารถสรุปได้ว่า ค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ซัลไฟด์ และน้ำมันและไขมันสามารถปรับมาตรฐานให้ลดลงจากค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ง ได้ แต่สำหรับมาตรฐานของน้ำทิ้งอาคารประเภท ง ของพีเอช และของแข็งตะกอนหนัก เดิมมีความเหมาะสมแล้วจึงคงค่าเดิมไว้ ส่วนของแข็งละลายได้ทั้งหมด ระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถบำบัดได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท ง จึงยังคงไม่ปรับค่ามาตรฐาน จนกว่าจะมีการพัฒนาระบบให้สามารถบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาเพื่อการวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดกับที่สำหรับร้านอาหารริมน้ำ ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งออกแบบไว้ 3 รูปแบบ คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 1; ถังเกรอะ + กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกัก 56 (32 + 24) ชั่วโมงระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 2; ถังเกรอะ + กรองไร้อากาศ + กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกัก 68 (32 + 18 + 18) ชั่วโมง และระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 3; ถังเกรอะ + กรองไร้อากาศ + กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกัก 80 (32 + 24 + 24) ชั่วโมง โดยคำนวณระยะเวลาเก็บกักจากพื้นฐานน้ำเสียเข้าระบบที่ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน รวมทั้งทำการศึกษาความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ และนำผลการทดลองที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำ โดยผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดอยู่กับที่ ทั้ง 3 รูปแบบมีความสามารถในการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก ของแข็งละลายได้ทั้งหมด ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น และน้ำมันและไขมัน โดยประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ดังกล่าว ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกัก 56 (32+24) ชั่วโมง มีประสิทธิภาพร้อยละ 95.14 95.48 99.55 15.37 96.95 94.60 และ 94.61 ตามลำดับ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกัก 68 (32+18+18) ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียพารามิเตอร์ดังกล่าวร้อยละ 95.17 97.13 98.95 92.84 25.40 98.12 และ 87.37 ตามลำดับ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองไร้อากาศ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกัก (32+24+24) ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 95.76 98.11 97.34 93.98 13.41 97.35 และ 99.06 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของทั้ง 3 ระบบค่อนข้างสูงและมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ยกเว้นค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดที่มีประสิทธิภาพต่ำและมีค่าสูงเกินกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท ง

2. เมื่อพิจารณาระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละรูปแบบ พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 2 และ 3 ซึ่งมีระบบกรองไร้อากาศก่อนที่จะเติมอากาศสัมผัส มี

ประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็นสูงกว่าและแตกต่างจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุดและแตกต่างจากระบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3. การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อการนำไปใช้ พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนก่อสร้างระบบแตกต่างกัน โดยระบบที่ 3 มีค่าลงทุนในการก่อสร้างสูงที่สุด รองลงมาคือ ระบบที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ขณะที่ค่าดำเนินการและดูแลรักษาไม่แตกต่างกัน

โดยสรุป ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดทั้ง 3 รูปแบบ มีประสิทธิภาพในการบำบัด บีโอดี ของแข็งแขวนลอยของแข็งตะกอนหนัก ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น และน้ำมันและไขมัน ในระดับสูง ทั้งยังบำบัดได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ง ยกเว้นของแข็งละลายได้ทั้งหมดซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำ และบำบัดไม่ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ง อีกทั้งเมื่อพิจารณาร่วมกับการลงทุนพบว่าระบบที่ 1 มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าควรคัดเลือกระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัสที่มีระยะเวลาเก็บกัก 56 (32 +18) ชั่วโมง มาเป็นระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดกับที่สำหรับบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารริมน้ำ และนำมายกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แนวทางในการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้ง

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากร้านอาหารริมน้ำ
1. พีเอช	5-9
2. บีโอดี (มก./ล.)	≤30
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	≤20
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	≤0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด(มก./ล.)	≤500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	≤1.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	≤10
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	≤10

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งอาจจะต้องใช้ระบบบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ หรือเคมีร่วมด้วย

2. การทดลองครั้งนี้ไม่มีช่วง Shock load เกิดขึ้น จึงควรมีการศึกษาคุณภาพน้ำในช่วงที่เป็น Shock load เพิ่มเติม

3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาขวดพลาสติกเหลือใช้ขนาดเล็ก มาใช้แทนตัวกลางปกติตามท้องตลาด เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุน

4. ศึกษาการเติมอากาศเป็นช่วงๆ ในส่วนของถังกรองเติมอากาศสัมผัสของระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ + กรองไร้อากาศ + กรองเติมอากาศสัมผัส เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2542. การบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี : สยามสเตชั่นเนอรีซัพพลายส์.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2543. วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 4. พิมพ์ครั้งที่ 1. (ม.ป.ท.).

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2547. ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด. [Online] Available from : http://www.pcd.go.th [2005, March 12]

จงรักษ์ จิระภาพันธ์. 2530. ระบบเซปติค-แอนแอโรบิคฟิลเตอร์ สำหรับบำบัดน้ำทิ้งจากแฟลต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จินต์ อโณทัย. 2531. คุณภาพน้ำทิ้งจากถังเกรอะและกรองไร้อากาศสำเร็จรูปชนิดประกอบในที่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธเรศ พงษ์สาระนันทกุล. 2540. การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเม็ดพลาสติกลอยน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระพงษ์ วิมลจิตรานนท์. 2545. การเปรียบเทียบสมรรถนะการบำบัดน้ำเสียจากมูลสุกรแบบไร้อากาศด้วยระบบถังกรองไร้อากาศและระบบถังสัมผัสไร้อากาศแบบไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคนอื่นๆ. 2530. โครงการศึกษาแนวทางการจัดการน้ำเสียชุมชนสำหรับลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ในหัวข้อเรื่อง น้ำเสียชุมชน และปัญหามลถาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล. กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.).

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2545. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

ประสิทธิ์ เหลืองรุ่งเกียรติ. 2540. การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงแรมด้วยระบบเครื่องกรองชีวภาพแบบตัวกรองพอดีขาดอากาศ-ตัวกรองเติมอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐนันท์ นิยมสมาน, ณัฐวุฒิ จิตติจรุงลาภ และ สุชาติ กนกศรีขริน. 2544. การพัฒนาระบบบำบัดแบบ Submerged fixed-film anoxic-oxic reactor สำหรับน้ำเสียร้านอาหาร. โครงงานทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทชัย ศรีนภาวงศ์. 2543. การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบร่วมเยื่อแผ่น-ถังโปรยกรอง. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงษ์ระพิณฑ์ ยุวพันธุ์. 2535. การบำบัดน้ำเสียจากภัตตาคารด้วยระบบอาร์บีซี. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2525. การออกแบบขั้นขบวนการของระบบกำจัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิธี เล่ม 1-3 ความรู้พื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2542. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โรมรัน ว่องวิไลรัตน์. 2542. การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดที่ใช้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทธิลีน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย ชินบูรพา. 2539. การเปรียบเทียบสมรรถนะของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็นหิน เศษคอนกรีต และพลาสติก สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, พัฒนา มูลพฤกษ์ และ ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. 2541. การป้องกันและควบคุมมลพิษ. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2545. ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และเพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ. 2534. การตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากถังบำบัดน้ำส้วมแบบแอนแอโรบิค. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

APHA, AWWA, WPCF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition. Washington D.C.: American Public Health Association.

Ausland, G., Stevik, T. K., Hanssen, J. F., Kohler, J. C., and Jenseen, P. D. 2002. Intermittent filtration of wastewater-removal of fecal coliforms and fecal streptococci. Water Research. 36(14): 3507-3516.

Barber, W. P. and Stuckey, D. C. 1999. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment. Water Research. 33(7) : 1559-1578.

Bodik, I., Kratochvíl, K., Gapariková, G., and Hutan, M. 2003. Nitrogen removal in an anaerobic baffled filter reactor with aerobic post-treatment. Bioresource Technology. 86(1) : 79-84.

Elmitwalli, T., Zeeman, Gr., and Lettinga, G. 2001. Anaerobic treatment of domestic sewage at low temperature. Water Science and Technology. 44(4): 33-40.

Galvez, J. M., Gomez, M. A., Hontoria, E., and Gonzalez-Lopez, J. 2003. Influence of hydraulic loading and air flowrate on urban wastewater nitrogen removal with a submerge fixed-film reactor. Journal of Hazardous Materials. 101(2): 219-229.

Inamori., Y, Takai., T, Yamamoto., Y, Katagai., N, Sankai., and Hirata., A. 1996. Sludge production of small-scale wastewater treatment facilities using anaerobic/aerobic biofilm reactors. Water Science and Technology. 34(3-4): 379-387.

Ince, O., Ince, K. B., and Donnelly, T. 2000. Attachment, strength and performance of a porous media in an upflow anaerobic filter treating dairy wastewater. Water Science and Technology. 41(4-5): 261-270.

Iwai, S., and Kitao, T. 1994. Wastewater treatment with microbial films. USA: Technomic Publishing.

Lens, P. N., Poorter, M. P., Cronenberg, C. C., and Verstraete, W. H. 1995. Sulfate reducing and methane producing bacteria in aerobic wastewater treatment systems. Water Research. 29(3) : 871-880.

McCarty, P. L. 1964. Anaerobic waste treatment fundamentals, Part II, environmental requirements and control. Public Works. 95 (October): 123-126.

McCarty, P. L., and Rittmann, B. E. 2001. Environmental biotechnology: Principles and Applications. Singapore: McGraw-Hill.

Nakajima, J., Fujimura, Y., and Inamori, Y. 1999. Performance evaluation of on-site treatment facilities for wastewater from Households, Hotels and Restaurants. Water Science and Technology. 39(8) : 85-92.

Roy, C., Auger, R., and Chenier, R. 1998. Use of non woven textile in intermittent filter. Water Science and Technology. 38(3): 159-166.

United states Environmental Protection Agency [U.S.EPA], 2000. Manual : Constructed wetlands treatment of municipal wastewater. National risk management research laboratory, Ohio : Office of research and development.

Veiga, M.C., Mendez, R., and Lema, J. M. 1994. Anaeroic filter and DSFF reactors in anaerbic treatment of tuna processing wastewater. Water Science and Technology. 30(12): 425-432.

Xie, W., Wang, Q., Song, G., Kondo, M., Teraoka, M., Ohsumi, Y., and Ogawa, H. I. 2004. Upflow biological filtration with floating filter media. Process Biochemistry. 39(6): 767-772.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 ค่ามาตรฐานควบคุมระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง					วิธีวิเคราะห์
	ก	ข	ค	ง	จ	
1.ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9	ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter)
2. บีโอดี (BOD) (มก./ล.)	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 200	ใช้วิธีการ Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน
3. ปริมาณของแข็ง						
- ค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids)(มก./ล.)	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 60	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
- ค่าตะกอนหนัก (Settleable Solids) (มก./ล.)	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	-	วิธีการกรวยอิมฮอฟ์ (Imhoff cone) ขนาดบรรจุ 1,000 ลบ.ซม. ในเวลา 1 ชั่วโมง
- ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid) (มก./ล.)	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*	-	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง
4. ค่าซัลไฟด์ (Sulfide) (มก./ล.)	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 3.0	ไม่เกิน 4.0	-	วิธีการไตเตรท (Titrate)
5. ไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูป ที เค เอ็น (TKN) (มก./ล.)	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 40	-	วิธีการเจลดาห์ล (kjeldahl)
6. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease) (มก./ล.)	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 100	วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหานำหนักของไขมันและน้ำมัน

หมายเหตุ วิธีการตรวจสอบลักษณะน้ำทิ้งจากอาคารเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ใน Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ร่วมกันกำหนดไว้

* = เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำปกติ

แหล่งที่มา ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนพิเศษ 9ง ลงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2537

การแบ่งประเภทของอาคาร

แบ่งประเภทของอาคารออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. **อาคารประเภท ก.** หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้
    1) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ห้องนอนขึ้นไป
    2) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 200 ห้องขึ้นไป
    3) โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล ที่มีเตียงสำหรับรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 30 เตียงขึ้นไป
    4) อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป
    5) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 55,000 ตารางเมตรขึ้นไป
    6) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป
    7) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป
    8) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป
2. **อาคารประเภท ข.** หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้
    1) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 100 ห้องนอน แต่ ไม่ถึง 500 ห้องนอน
    2) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักอาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 60 ห้อง แต่ไม่ถึง 200 ห้อง
    3) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 250 ห้องขึ้นไป
    4) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตรขึ้นไป
    5) โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวม กันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10 เตียง แต่ไม่ถึง 30 เตียง
    6) อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาเอกชนหรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ ที่มีพื้นที่ ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร
    7) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของ อาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 55,000 ตารางเมตร

8) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร

9) ตลาดที่มีพื้นที่ที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร

10) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร

3. อาคารประเภท ค. หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้

1) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง 100 ห้องนอน

2) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มอาคาร ไม่ถึง 60 ห้อง

3) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 50 ห้อง แต่ไม่ถึง 250 ห้อง

4) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 5,000 ตารางเมตร

5) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นทีใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 10,000 ตารางเมตร

6) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,500 ตารางเมตร

7) ภัตตาคารหรือร้านอาคารที่มีพื้นทีให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 250 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 500 ตารางเมตร

4. อาคารประเภท ง. หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้

1) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10 ห้อง แต่ไม่ถึง 50 ห้อง

2) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,000 ตารางเมตร

3) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 100 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 250 ตารางเมตร

5. อาคารประเภท จ. หมายความถึงภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นไม่ถึง 100 ตารางเมตร

แหล่งที่มา ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนพิเศษ 9ง ลงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2537

ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดของแต่ละระบบ โดยใช้วิธี One-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และถ้าพบว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) เปรียบเทียบ

ตารางที่ ข-1 การวิเคราะห์ความแตกต่างของประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.100	2	2.050	.061	**.941**
With in Groups	1520.143	45	33.781		
Total	1524.243	47			

หมายเหตุ ค่า Sig. มากกว่า 0.05 หมายถึงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของแต่ละระบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ ข-2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	56.513	2	28.256	2.326	**.109**
With in Groups	546.653	45	12.148		
Total	603.165	47			

หมายเหตุ ค่า Sig. มากกว่า 0.05 หมายถึง ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยของแต่ละระบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ ข-3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งตะกอนหนักของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41.760	2	20.880	.606	**.550**
With in Groups	1549.613	45	34.436		
Total	1591.372	47			

หมายเหตุ ค่า Sig. มากกว่า 0.05 หมายถึงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งตะกอนหนักของแต่ละระบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ ข-4 การวิเคราะห์ความแตกต่างของประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด ของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1324.824	2	662.412	5.350	**.008**
With in Groups	5571.585	45	123.813		
Total	6896.410	47			

หมายเหตุ ค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 หมายถึงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดของแต่ละระบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ต้องทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย DMRT

ตารางที่ ข-5 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด ของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ

Duncan

ระบบที่	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
3	16	13.4056	
1	16	15.3719	
2	16		25.4025
Sig.		.620	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

A Uses harmonic mean sample size = 16.00

ตารางที่ ข-6 การวิเคราะห์ความแตกต่างของประสิทธิภาพการบำบัดซัลไฟด์ ของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	144.168	2	72.084	1.132	**.331**
With in Groups	2864.337	45	63.652		
Total	3008.505	47			

หมายเหตุ ค่า Sig. มากกว่า 0.05 หมายถึงประสิทธิภาพการบำบัดซัลไฟด์ของแต่ละระบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ ข-7 การวิเคราะห์ความแตกต่างของประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น ของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	109.758	2	54.879	9.639	**.000**
With in Groups	256.199	45	5.693		
Total	356.957	47			

หมายเหตุ ค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 หมายถึงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็นของแต่ละระบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ต้องทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย DMRT

ตารางที่ ข-8 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ

Duncan

ระบบที่	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
1	16	94.5988	
3	16		97.3519
2	16		98.1212
Sig.		1.000	.367

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

A Uses harmonic mean sample size = 16.00

ตารางที่ ข-9 การวิเคราะห์ความแตกต่างของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมัน ของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 รูปแบบ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1113.702	2	556.851	2.577	**.087**
With in Groups	9723.087	45	216.069		
Total	10836.789	47			

หมายเหตุ ค่า Sig. มากกว่า 0.05 หมายถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมันของแต่ละระบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 1

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.65	7.01	7.00	7.20	7.50	7.25	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	450.00	480.00	350.00	95.0	67.50	60.00	78.89	85.94	82.86	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	354.00	410.00	322.00	62.20	30.10	12.00	84.43	92.66	96.27	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	3.20	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,224	642.00	902.00	658.00	532.00	798.00	46.24	17.13	11.53	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	8.53	6.13	8.13	0.00	3.00	0.53	100.00	50.98	93.48	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	116.50	133.00	87.00	2.80	3.90	4.48	97.60	97.07	94.85	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	30.00	50.00	30.00	7.00	33.00	2.58	76.67	34.00	91.40	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-2 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 2

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.60	7.35	7.40	7.00	8.10	7.00	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	463.50	432.00	340.00	65.00	36.00	62.00	85.98	91.67	81.76	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	366.00	322.00	304.00	54.00	24.00	0.00	85.25	92.55	100.00	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	2.50	7.00	0.00	0.00	1.00	0.00	100.00	85.71	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,066.00	592.00	990.00	794.00	540.00	764.00	25.52	8.78	22.83	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	7.87	5.40	4.93	0.00	0.10	0.00	100.00	98.15	100.00	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	122.00	139.00	85.80	2.18	3.00	10.08	98.21	97.84	88.25	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	20.00	39.00	34.50	6.40	30.00	0.15	68.00	23.08	99.57	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-3 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 3

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.87	6.92	7.23	7.15	7.74	7.68	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	455.00	450.00	346.00	21.00	30.50	62.00	95.38	93.22	82.08	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	359.00	492.00	272.00	37.20	21.30	6.00	89.64	95.67	97.79	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	1.50	4.00	0.0	0.00	0.10	0.00	100.00	97.50	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,336.00	1,026.00	1,030.00	1,196.00	798.00	762.00	10.48	22.22	26.02	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	9.30	4.90	5.33	0.00	0.20	1.20	100.00	95.92	77.49	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	129.00	132.00	88.00	3.86	4.15	1.68	97.01	96.86	98.09	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	16.00	23.00	32.00	2.40	2.00	0.00	85.00	91.30	100.00	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-4 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 4

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.50	6.10	7.50	7.94	6.93	7.00	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	462.00	489.00	355.00	600	20.00	13.50	98.70	95.91	96.20	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	363.00	370.00	286.00	25.00	13.30	6.00	93.11	96.41	97.90	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.40	3.20	8.00	0.00	0.00	0.10	100.00	100.00	98.75	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,100.00	813.00	940.00	1,024.00	503.00	656.00	6.91	38.13	30.21	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	8.00	3.20	5.20	0.13	0.00	0.13	98.38	100.00	97.50	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	140.60	140.00	89.80	7.80	3.20	0.56	94.45	97.71	99.38	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	24.00	41.00	30.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-5 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 5

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.25	6.94	7.20	7.64	7.49	7.90	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	450.00	460.00	350.00	19.50	18.50	10.50	95.67	95.98	97.00	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	363.00	523.00	280.00	12.00	11.00	4.00	96.69	97.90	98.57	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	1.00	1.00	0.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,060.00	6710	846.00	670.00	440.00	636.00	36.79	34.43	24.82	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	9.20	4.30	5.87	0.27	0.50	0.93	97.07	88.37	84.16	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	151.00	153.00	83.70	7.30	1.30	1.68	95.17	99.15	97.99	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	34.50	54.00	35.60	0.25	9.00	0.00	99.28	83.33	100.00	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-6 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 6

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.00	7.34	6.73	7.76	7.91	7.90	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	460.00	44300	34600	4.00	20.00	0.60	99.13	95.49	99.83	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	358.40	454.00	306.00	8.10	9.60	0.90	97.74	97.89	99.71	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.00	1.90	0.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,028.00	712.00	900.00	1,006.00	320.00	789.00	2.14	55.06	12.33	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	10.00	5.60	8.00	0.00	0.00	0.13	100.00	100.00	98.38	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	157.40	92.00	88.00	2.70	1.05	1.00	98.28	98.86	98.86	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	14.00	39.00	28.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-7 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 7

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.06	7.09	6.78	7.53	8.20	8.11	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	454.50	481.00	350.00	21.00	19.00	2.00	95.38	96.05	99.43	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	361.40	478.00	284.00	5.00	5.50	28.00	98.62	98.85	90.14	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.50	3.00	8.00	0.00	0.00	0.30	100.00	100.00	96.25	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,057.00	532.00	804.00	998.00	383.00	789.00	5.58	28.01	1.87	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	11.00	7.00	7.00	0.00	0.40	0.14	100.00	94.29	98.00	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	165.20	138.00	88.00	4.00	0.00	3.00	97.58	100.00	96.59	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	30.00	19.00	34.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-8 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 8

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.08	7.32	6.70	7.55	7.50	7.83	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	452.30	455.00	355.00	4.00	19.50	2.00	99.12	95.71	99.44	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	364.00	423.00	252.00	3.80	4.00	1.00	98.96	99.05	99.60	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.30	4.00	0.20	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,128.00	501.00	850.00	1,064.00	301.00	819.00	5.67	39.92	3.65	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	15.00	3.21	8.00	0.00	0.00	0.14	100.00	100.00	98.25	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	166.00	119.00	82.00	9.00	0.00	5.00	94.58	100.00	93.90	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	20.00	20.00	23.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-9 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 9

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	6.88	7.25	6.49	7.26	7.55	7.45	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	432.00	480.00	324.00	13.50	12.00	1.80	96.88	97.50	99.44	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	342.00	424.80	276.00	5.22	4.67	2.00	98.47	98.90	99.28	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	1.40	1.40	1.60	0.10	0.00	0.60	92.86	100.00	62.50	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,158.00	589.00	878.00	1,021.00	423.00	820.00	11.83	28.18	6.61	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	11.20	2.64	7.98	0.26	0.13	0.53	97.68	95.08	93.36	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	168.00	121.80	104.50	11.48	3.92	1.68	93.17	96.78	98.39	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	25.00	35.00	26.50	0.35	1.60	0.13	98.60	95.43	99.51	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-10 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 10

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	6.88	7.42	6.52	7.58	7.64	7.64	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	396.00	450.00	378.00	11.00	9.00	2.40	97.22	98.00	99.37	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	322.62	414.40	289.66	6.51	8.98	4.33	97.98	97.83	98.51	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,165.00	651.00	942.00	1,039.00	475.00	870.00	10.82	27.04	7.64	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	11.46	2.60	8.56	0.13	0.13	0.40	98.87	95.00	95.33	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	132.90	109.20	95.20	10.83	5.04	1.12	91.85	95.38	98.82	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	29.75	44.50	31.05	0.30	0.53	0.20	98.99	98.81	99.36	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-11 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 11

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	6.78	7.22	6.50	7.38	7.40	7.64	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	435.00	420.00	312.00	13.20	18.00	2.00	96.97	95.71	99.36	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	320.00	426.60	300.00	6.65	5.34	3.00	97.92	98.75	99.00	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.10	0.10	3.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,189.00	678.00	906.00	978.00	545.00	820.00	17.75	19.62	9.49	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	5.73	4.00	8.00	0.27	0.13	0.27	95.29	96.75	96.63	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	130.40	117.60	92.40	8.40	2.24	0.56	93.55	98.10	99.39	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	22.88	33.75	31.53	1.35	1.27	0.10	94.10	96.24	99.68	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-12 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 12

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	6.94	7.37	6.56	7.44	7.60	7.52	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	408.00	432.00	369.00	10.35	19.80	1.80	97.46	95.42	99.51	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	360.00	466.70	285.34	4.44	5.32	2.66	98.77	98.86	99.07	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,273.00	771.00	1,081.00	1,080.00	568.00	951.00	15.16	26.33	12.03	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	5.30	3.39	5.30	0.13	0.13	0.40	97.55	96.17	92.45	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	149.80	92.40	84.00	11.48	2.52	0.80	92.34	97.27	99.05	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	23.44	37.38	30.77	0.68	0.64	0.50	97.10	98.29	98.38	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-13 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 13

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	6.82	7.17	6.58	7.36	7.75	7.75	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	396.00	432.00	414.00	13.60	14.40	2.70	96.57	96.67	99.35	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	346.70	400.10	314.66	6.67	15.00	2.00	98.08	96.25	99.36	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	968.00	882.00	896.00	794.00	670.00	844.00	17.98	24.04	5.80	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	6.13	4.80	7.48	0.80	0.34	0.93	86.95	92.92	87.57	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	134.00	105.00	88.75	8.60	0.70	0.75	93.58	99.33	99.15	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	28.99	45.69	33.19	0.47	4.82	0.25	98.38	89.45	99.25	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-14 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 14

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.08	7.47	6.66	7.63	7.88	7.70	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	396.00	384.00	390.00	14.70	10.80	7.20	96.29	97.19	98.15	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	366.50	420.00	289.90	8.52	6.67	2.67	97.68	98.41	99.08	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,120.00	891.00	785.00	932.00	755.00	684.00	16.79	15.26	12.87	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	6.14	5.40	6.70	0.00	0.13	0.13	100	97.59	98.06	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	149.10	106.40	84.00	10.36	0.00	0.56	93.05	100	99.33	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	21.50	42.35	30.60	0.24	2.41	0.13	98.88	94.31	99.58	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-15 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 15

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.26	7.67	6.47	7.61	7.94	7.77	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	429.00	408.00	396.00	16.00	18.60	3.60	96.27	95.44	99.09	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	304.02	373.10	354.00	5.33	9.33	8.00	98.25	97.50	97.74	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.10	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	981.00	801.00	1,000.00	850.00	765.00	857.00	13.35	4.49	14.30	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	5.83	4.40	7.37	0.67	0.40	0.27	88.51	90.91	96.34	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	112.00	115.50	88.20	11.76	4.48	2.24	89.50	96.12	97.46	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	25.75	30.68	29.30	0.12	1.21	0.20	99.53	96.06	99.32	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-16 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) สัปดาห์ที่ 16

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. พีเอช	7.00	7.42	6.59	7.54	7.73	7.74	-	-	-	5.0 - 9.0
2. บีโอดี (มก./ล.)	432.00	420.00	405.00	16.00	13.20	3.00	96.30	96.86	99.26	≤ 50
3. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	325.32	400.00	303.32	6.00	13.30	6.67	98.16	96.68	97.80	≤ 50
4. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.10	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	≤ 0.5
5. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	1,053.00	865.00	897.00	1,022.00	711.00	785.00	2.94	17.80	12.49	≤ 500
6. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	8.79	4.00	8.37	0.80	0.27	0.27	90.90	93.25	96.77	≤ 4.0
7. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	128.10	105.00	89.60	8.12	0.56	1.68	93.66	99.47	98.13	≤ 40
8. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	22.88	25.34	25.16	0.18	0.16	0.30	99.21	97.59	98.85	≤ 20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณฤทธิ์ สนทอง เกิดเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ.2521 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ.2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย