กระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันไร้อากาศแบบกวนสมบูรณ์

นาย อภิสิทธิ์ ศรีสุรินทร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2533

ISBN 974-577-564-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016366
i17353269

COMPLETELY MIXED ANAEROBIC CONTACT STABILIZATION PROCESS

MR. Apisit Srisurin

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the degree of Master of Engineering

Department of Enviromental Engineering

Graduate school

Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-577-564-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันไร้อากาศแบบกวนสมบูรณ์

โดย นายอภิสิทธิ์ ศรีสุรินทร์

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อภิสิทธิ์ ศรีสุรินทร์ : กระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันไร้อากาศแบบกวนสมบูรณ์ (COMPLETELY MIXED ANAEROBIC CONTACT STABILIZATION PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุรพล สายพานิช, 155 หน้า. ISBN 974-577-564-9

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ละลายน้ำ และการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันไร้อากาศแบบกวนสมบูรณ์ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง การทดลองชุดที่ 1 แบ่งออกเป็น 4 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1,2,4 และ 5 เปลี่ยนค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5.0,4.0,2.0 และ 0.5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ โดยใช้อัตราการป้อนน้ำเสียสังเคราะห์ 60 ลิตร/วัน และใช้อัตราการสูบตะกอบกลับ 100% เปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบ ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 5,000, 4,000, 2,000, 500 มก.ซีโอดี/ลิตร ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 2 มี การทดลองที่ 6 ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ 500 มก.ซีโอดี/ลิตร ค่าภาระบรรทุกการไหล 60 ลิตร/วัน อัตราการสูบตะกอนกลับ 100% และค่าอายุของตะกอน 150 วัน

ผลการทดลอง พบว่า ในการทดลองที่ 1,2,4,5 และ 6 ซึ่งมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 5.05, 4.08, 1.955, 0.501 และ 0.5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้ประมาณ ร้อยละ 15-71, 40-74, 78.9, 79.3 และ 81.46 ตามลำดับ มีก๊าซมีเทนเกิดขึ้นเฉลี่ย 0.30, 0.265, 0.288, 0.086 และ 0.061 ลิตร/กรัม ซีโอดี ตามลำดับ มีก๊าซมีเทนผสมอยู่ร้อยละ 60.1, 60.4, 60.7, 61.2 และ 60.7 ตามลำดับ

จากข้อสรุปของผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันไร้อากาศแบบกวนสมบูรณ์ ยังจะต้องศึกษาและปรับปรุงเพิ่มเติม เนื่องจากเสถียรภาพของระบบต่ำมาก แต่พบว่ามีการเกิดการดูดซึม (adsorption) ของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในถังคอนแทกต์ แล้วนำมาย่อยสลายต่อในถังสเตบิไลเซชัน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาของกระบวนการนี้ อีกทั้งยังไม่สามารถรับการเปลี่ยนแปลงของค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ดี ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งมีค่าสูงมาก โดยในการทดลองที่ 1 มีค่าของแข็งแขวนลอยประมาณ 2339 มก./ล. ซึ่งต้องหาแนวทางในการปรับปรุงและแก้ไขต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

APISIT SRISURIN : COMPLETELY MIXED ANAEROBIC CONTACT STABILIZATION PROCESS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SURAPOL SATPANICH, Ed.D. 155 PP. ISBN 974-577-564-9

This thesis was a feasibility study of a completely mixed anaerobic contact stabilization process to treat synthetic soluble wastewater and produce biogas. The project was conducted in two stages. The first stage has 4 sets of experiment under 4 different organic loading. the sludge reeycle ratio was 100% and the feed flowrate was 60 liter/day. The wastewater had COD concentration of 5,000, 4,000, 2,000, 500 mg/L respectively. The second stage had 1 set of experiment. The sludge recycle ratio was 100% and feed flowrate was 60 liter/day . The wastewater had COD concentration of 500 mg/L

The experimental results from the experiment number 1,2,4,5 and 6 which treated under 4 organic loading 5.05, 4.08, 1.955, 0.501 and 0.5 kg. COD/cu.m.-day respectively showed that the COD removal efficiency was 15-71, 40-74, 78.9, 79.3 and 81.46% and the biogas production was 0.3, 0.265, 0.288, 0.086 and 0.061 liter/gm COD containing 60.1, 60.4, 60.7, 61.2 and 60.7% of methane gas respectively.

It could be concluded from the experimental results that the completely mixed anaerobic contact stabilization process should be improved and carried out in next research work because the stability of the process was poor. But it was also observed that the adsorption of organic matter by microorganism in contact reactor and organic stabilization in stabilization reactor. Futhermore this experiment showed that the process could not run under shock loading condition. The suspended solids in effluent as high as 2339 mg/L in experiment number 1 was found. so that the new method and/or the improvment of seperation technique in clarifier should be carried out in the next research work

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช ในฐานอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยเป็นอย่างสูง ซึ่งให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางในการวิจัย และจัดหาเงินทุนในการวิจัย ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....A
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....B
กิตติกรรมประกาศ.....C
สารบัญเรื่อง.....ก
สารบัญรูป.....ข
สารบัญตาราง.....ค
บทที่
1. บทนำ
1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....1
2. ทฤษฎีของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ.....2
2.1 ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ.....2
2.1.1 ขั้นตอนไฮโดรไลซีส.....3
2.1.2 ขั้นตอนการสร้างกรด.....4
2.1.3 ขั้นตอนการสร้างมีเทน.....8
2.2 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ.....10
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ.....13
2.3.1 อุณหภูมิ.....13
2.3.2 ค่าพีเอ็ช.....15
2.3.3 กรดอินทรีย์และค่าความเป็นด่าง.....16

หน้า

2.3.4 สารอาหารที่จำเป็น.....19
2.3.5 สารพิษ.....20
2.4 ชนิดของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ.....22
2.4.1 บ่อหมัก.....22
2.4.2 บ่อเกรอะ.....22
2.4.3 ถังหมักแบบธรรมดา.....24
2.4.4 ถังหมักแบบสัมผัส.....26
2.4.5 ระบบเครื่องกรองไร้อากาศ.....26
2.4.6 ระบบ ANAEROBIC FLUIDZED BED.....28
2.4.7 ระบบ UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET.....29
2.4.8 ระบบถังหมักแบบสองเฟส.....29
2.4.9 ระบบจานหมุนชีวภาพแบบไร้อากาศ.....31
2.4.10 ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ.....31
2.4.11 คอนแทกต์สเตบิไลเซชันไร้อากาศมีตัวกลางอยู่กับที่.....33
3. กระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันไร้อากาศแบบกวนสมบูรณ์.....34
3.1 การพัฒนาของกระบวนการ.....34
3.2 หลักการทำงานของกระบวนการ.....34
3.3 พารามิเตอร์ที่สำคัญ.....36
3.4 การศึกษาที่ผ่านมา.....38
4. การวางแผนการทดลองและวิจัย.....42
4.1 แผนการทดลอง.....42
4.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์.....44
4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....46

หน้า

4.3.1 ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์.....46
4.3.2 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบและสูบตะกอนกลับ.....46
4.3.3 ถังคอนแทกต์และถังสเตบิไลเซชัน.....46
4.3.4 ถังตกตะกอน.....50
4.3.5 เครื่องวัดก๊าซชีวภาพ.....50
4.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์.....52
4.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย.....52
4.4.2 การวัดปริมาณก๊าซชีวภาพและเปอร์เซนต์ก๊าซมีเทน.....54
4.4.3 เทคนิคการวิเคราะห์ตัวอย่าง.....54

5. ผลการวิจัย.....55
5.1 ระยะเวลาในการวิจัย.....55
5.2 ผลการวิจัยของการทดลองชุดที่ 1.....57
5.2.1 ค่าพีเอ็ช.....57
5.2.2 กรดอินทรีย์.....60
5.2.3 ค่าความเป็นด่างรวม.....63
5.2.4 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ต่อความเป็นด่างรวม.....66
5.2.5 ของแข็งแขวนลอย.....68
5.2.6 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี.....77
5.2.7 การผลิตก๊าซชีวภาพ.....87

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

5.2.8 การเกิดก๊าซมีเทนเมื่อเปรียบเทียบกับการกำจัดซีโอดี.....94
5.2.9 สภาพของตะกอนจุลินทรีย์ของระบบ.....95
5.3 ผลการวิจัยของการทดลองชุดที่ 2.....97
5.3.1 ค่าพีเอ็ช.....97
5.3.2 กรดอินทรีย์.....99
5.3.3 ค่าความเป็นด่างรวม.....101
5.3.4 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ต่อความเป็นด่างรวม.....103
5.3.5 ของแข็งแขวนลอย.....105
5.3.6 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี.....113
5.3.7 การผลิตก๊าซชีวภาพ.....119
5.3.8 การเกิดก๊าซมีเทนเมื่อเปรียบเทียบกับการกำจัดสารอินทรีย์.....124
5.3.9 สภาพของตะกอนจุลินทรีย์ของระบบ.....126
6. ความสำคัญทางวิศวกรรม.....130
6.1 การทำงานของระบบ.....130
6.2 ข้อดีของกระบวนการ.....130
6.3 ข้อเสียของกระบวนการ.....131
7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....132
7.1 สรุปผลการทดลอง.....132
7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยที่ควรศึกษาต่อไป.....134

บรรณานุกรม.....135
ภาคผนวก.....142

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการทำงานของการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ....2
รูปที่ 2.2 การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศของขั้นตอนไฮโดรไลซีส...3
รูปที่ 2.3 การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศของขั้นตอนสร้างกรด.....4
รูปที่ 2.4 การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์พวกสร้างกรด.....6
รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์พวกสร้างก๊าซมีเทน.....9
รูปที่ 2.6 อิทธิพลของอุณหภูมิต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ.....14
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอช ค่าความเป็นด่าง และคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพ.....18
รูปที่ 2.8 ผลของกรดอินทรีย์ที่มีต่อความสามารถในการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์ ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ.....20
รูปที่ 2.9 บ่อเกรอะ.....23
รูปที่ 2.10 TRAVIS TANK 23
รูปที่ 2.11 INHOFF TANK.....25
รูปที่ 2.12 ถังหมักชนิดอัตรากาจัดช้า.....25
รูปที่ 2.13 ถังหมักชนิดอัตรากาจัดเร็ว.....25
รูปที่ 2.14 ถังหมักแบบ CLARIGESTER.....27
รูปที่ 2.15 ถังหมักแบบ สัมผัส.....27
รูปที่ 2.16 ถังกรองไร้อากาศ.....28
รูปที่ 2.17 ระบบ ANAEROBIC ATTACHED-FILM EXPANDED BED.....29
รูปที่ 2.18 ระบบ UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET.....30
รูปที่ 2.19 ระบบถังหมักแบบสองเฟส.....30
รูปที่ 2.20 ระบบ ANAEROBIC ROTATING BIOLOGICAL REACTOR.....32

หน้า

รูปที่ 2.21 ระบบ ANAEROBIC BAFFILED REACTOR.....32
รูปที่ 2.22 ระบบคอนแทกต์สเตบิไลเซชันแบบมีตัวกลางอยู่กับที่.....33
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน ไร้อากาศแบบกวนสมบูรณ์.....35
รูปที่ 4.1 สูตรสำหรับการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์.....45
รูปที่ 4.2 การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ของระบบ.....47
รูปที่ 4.3 ภาพถังปฏิกริยาคอนแทกต์.....48
รูปที่ 4.4 ภาพถังปฏิกริยาสเตบิไลเซชัน.....49
รูปที่ 4.5 ภาพถังตกตะกอน.....50
รูปที่ 4.6 ภาพเครื่องวัดก๊าซชีวภาพ.....51
รูปที่ 4.7 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ.....52
รูปที่ 5.1 ค่าพีเอ็ชของน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำทิ้งจากระบบ.....58
รูปที่ 5.2 ค่าพีเอ็ชของน้ำเข้าและออกจากถังคอนแทกต์.....58
รูปที่ 5.3 ค่าพีเอ็ชของน้ำเข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชัน.....58
รูปที่ 5.4 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ของน้ำทิ้งจากระบบ.....61
รูปที่ 5.5 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ของถังคอนแทกต์.....61
รูปที่ 5.6 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ของถังสเตบิไลเซชัน.....61
รูปที่ 5.7 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจากระบบ.....64
รูปที่ 5.8 ค่าความเป็นด่างรวมของถังคอนแทกต์.....64
รูปที่ 5.9 ค่าความเป็นด่างรวมของถังสเตบิไลเซชัน.....64
รูปที่ 5.10 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ต่อความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจากระบบ.....67
รูปที่ 5.11 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ต่อความเป็นด่างรวมของถังคอนแทกต์...67

หน้า

รูปที่ 5.12 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ต่อความเป็นด่างรวมของถังสเตบิไลเซชัน.....67
รูปที่ 5.13 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของระบบ.....71
รูปที่ 5.14 ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากระบบ.....72
รูปที่ 5.15 ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยของถังคอนแทกต์.....72
รูปที่ 5.16 ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยของถังสเตบิไลเซชัน.....72
รูปที่ 5.17 ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำทิ้ง.....73
รูปที่ 5.18 ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยระเหยของถังคอนแทกต์.....73
รูปที่ 5.19 ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยระเหยของถังสเตบิไลเซชัน.....73
รูปที่ 5.20 ค่าซีโอดีละลายน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำทิ้งจากระบบ.....78
รูปที่ 5.21 ค่าซีโอดีละลายน้ำของน้ำเข้าและออกจากถังคอนแทกต์.....78
รูปที่ 5.22 ค่าซีโอดีละลายน้ำของน้ำเข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชัน.....78
รูปที่ 5.23 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบรวม.....79
รูปที่ 5.24 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังคอนแทกต์.....79
รูปที่ 5.25 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังสเตบิไลเซชัน.....79
รูปที่ 5.26 ภาระบันทุกสารอินทรีย์ของระบบ.....81
รูปที่ 5.27 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจริงของระบบรวม.....88
รูปที่ 5.28 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจริงของถังคอนแทกต์.....88
รูปที่ 5.29 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจริงของถังสเตบิไลเซชัน.....88
รูปที่ 5.30 ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีของระบบรวม....89
รูปที่ 5.31 ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีของถังคอนแทกต์..89
รูปที่ 5.32 ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีของถังสเตบิไลเซชัน.....89
รูปที่ 5.33 การเกิดฟองก๊าซที่ผิวขึ้นตะกอนในถังตกตะกอน.....96
รูปที่ 5.34 ค่าพีเอ็ชของน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำทิ้งจากระบบ.....98

หน้า

รูปที่ 5.35 ค่าพีเอ็ชของน้ำเข้าและออกจากถังคอนแทกต์.....98
รูปที่ 5.36 ค่าพีเอ็ชของน้ำเข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชัน.....98
รูปที่ 5.37 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ของน้ำทิ้งจากระบบ.....100
รูปที่ 5.38 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ของถังคอนแทกต์.....100
รูปที่ 5.39 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ของถังสเตบิไลเซชัน.....100
รูปที่ 5.40 ความเป็นด่างรวมของน้ำเสียสังเคราะห์กับน้ำทิ้งจากระบบ.....102
รูปที่ 5.41 ความเป็นด่างรวมของน้ำเข้าและออกจากถังคอนแทกต์.....102
รูปที่ 5.42 ความเป็นด่างรวมของน้ำเข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชัน.....102
รูปที่ 5.43 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ต่อความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจาก
ระบบ.....104
รูปที่ 5.44 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ต่อความเป็นด่างรวมของถังคอนแทกต์..104
รูปที่ 5.45 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ต่อความเป็นด่างรวมของถังสเตบิไล
เซชัน.....104
รูปที่ 5.46 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของระบบ.....107
รูปที่ 5.47 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากระบบ.....108
รูปที่ 5.48 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยของถังคอนแทกต์.....108
รูปที่ 5.49 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยของถังสเตบิไลเซชัน.....108
รูปที่ 5.50 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำทิ้งจากระบบ...109
รูปที่ 5.51 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยของถังคอนแทกต์.....109
รูปที่ 5.52 ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยระเหยของถังสเตบิไลเซชัน.....109
รูปที่ 5.53 ค่าซีโอดีละลายน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์กับน้ำทิ้งจากระบบ.....114
รูปที่ 5.54 ค่าซีโอดีละลายน้ำของน้ำเข้าและออกจากถังคอนแทกต์.....114
รูปที่ 5.55 ค่าซีโอดีละลายน้ำของน้ำเข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชัน.....114
รูปที่ 5.56 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบรวม.....115

หน้า

รูปที่ 5.57 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังคอนแทกต์.....115
รูปที่ 5.58 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังสเตบิไลเซชัน.....115
รูปที่ 5.59 ค่าภาระบันทุกสารอินทรีย์ของระบบ.....116
รูปที่ 5.60 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจริงของระบบรวม.....120
รูปที่ 5.61 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจริงของถังคอนแทกต์.....120
รูปที่ 5.62 ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจริงของถังสเตบิไลเซชัน.....120
รูปที่ 5.63 ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีของระบบรวม...121
รูปที่ 5.64 ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีของถังคอน
แทกต์.....121
รูปที่ 5.65 ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีของถังสเตบิไล
เซชัน.....121

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ชนิดของจุลินทรีย์พวกสร้างกรด.....7

ตารางที่ 2.2 ชนิดของจุลินทรีย์พวกสร้างมีเทน.....11

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของก๊าซมีเทน.....12

ตารางที่ 2.4 ปริมาณสารอาหารที่จำเป็น.....19

ตารางที่ 2.5 ความเข้มข้นของอิออนและโลหะหนักที่มีผลต่อการบำบัดแบบไร้อากาศ.....21

ตารางที่ 4.1 แผนการวิจัยและระยะเวลาทดลองชุดแรก.....43

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์.....44

ตารางที่ 4.3 ตัวแปรและความถี่ในการวิเคราะห์.....53

ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยของค่าพีเอ็ชในระบบ.....59

ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นกรดอินทรีย์ในระบบ.....62

ตารางที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นด่างรวมในระบบ.....65

ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนกรดอินทรีย์ต่อค่าความเป็นด่างรวม.....68

ตารางที่ 5.5 ค่าเฉลี่ยของของแข็งแขวนลอย อัตราส่วนของของแข็งแขวนลอยระเหยต่อของแข็งแขวนลอย ในถังคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน.....69

ตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยในระบบ..74

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยภาระบันทุกสารอินทรีย์และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี.....82

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยของก๊าซมีเทนของระบบรวมถังคอนแทกต์ถังสเตบิไลเซชัน.....90

หน้า

ตารางที่ 5.9 ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ.....91
ตารางที่ 5.10 ค่าเฉลี่ยของค่าพีเอ็ชในระบบ.....97
ตารางที่ 5.11 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นกรดอินทรีย์ในระบบ.....99
ตารางที่ 5.12 ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นด่างรวมในระบบ.....103
ตารางที่ 5.13 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ต่อความเป็นด่างรวม.....105
ตารางที่ 5.14 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยในระบบ.....106
ตารางที่ 5.15 ค่าเฉลี่ยของของแข็งแขวนลอย อัตราส่วนของของแข็งแขวนลอยระเหยต่อของแข็งแขวนลอยในถังคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน และระบบรวม.....110
ตารางที่ 5.16 ค่าเฉลี่ยภาระบันทุกสารอินทรีย์และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี.....117
ตารางที่ 5.17 ค่าเฉลี่ยของก๊าซมีเทนของระบบรวมถังคอนแทกต์ถังสเตบิไลเซชัน.....122
ตารางที่ 5.18 ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ.....123
ตารางที่ 5.19 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลระบบรวม.....127
ตารางที่ 5.20 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของถังสเตบิไลเซชัน.....128
ตารางที่ 5.21 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของถังคอนแทกต์.....129