

กระบวนการคอนแทกซ์สเต็มโล เซ็นแบบแอนแอโรบิก



นาย ประสงค์สุข ศรีพรชัยศักดิ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530

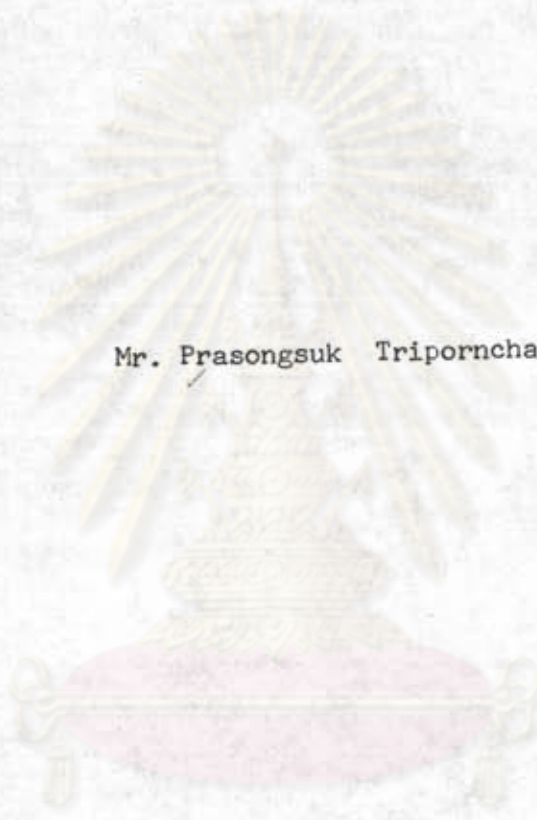
ISBN 974-568-214-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

012902

I 1029725X

ANAEROBIC CONTACT STABILIZATION PROCESS



Mr. Prasongsuk Tripornchaisak

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

Graduate School

Chulalongkorn University


1987

ISBN 974-568-214-4

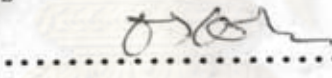
หัวข้อวิทยานิพนธ์ กระบวนการคอนแทกต์สเควมโพลีเอทิลีนเซชันแบบแอนแอโรบิก
โดย นาย ประสงค์ สุข ตรีพรชัยศักดิ์
ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช

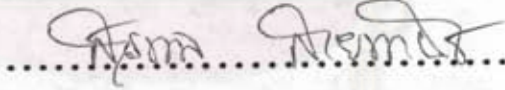



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

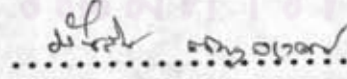

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์)


.....กรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตันกุลเวศน์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กระบวนการคอนแทกต์สเปคโตรเคมีไลเซชันแบบแอนแอโรบิก

โดย นาย ประสงค์สุข ตรีพรชัยศักดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2529



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กระบวนการคอนแทกต์สเปคโตรเคมีไลเซชันแบบแอนแอโรบิกมาบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ละลายน้ำ การศึกษาได้แบ่งเป็น 2 ชุด โดยชุดแรกเป็นการศึกษากระบวนการชนิดที่มีตัวกลางอยู่กับที่ และการไหลภายในถังปฏิกริยาเป็นแบบทวนสมรณะมี 4 การทดลอง และชุดที่สองเป็นการศึกษากระบวนการชนิดที่ไม่มีตัวกลาง (ตะกอนลอย) การไหลภายในถังปฏิกริยาเป็นแบบไหลขึ้นมี 1 การทดลอง

ในการทดลองชุดที่หนึ่ง ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 2,200-8,800 มก. ซีโอดี/ลิตร คิดเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบ 2.6-10.4 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำ 18.8 ชั่วโมงกระบวนการมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 71.5-83.2 ที่อัตราการสูบตะกอนกลับ 200% และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 54.0 ที่อัตราการสูบตะกอนกลับ 400% สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 42-212 ลิตร/วัน โดยมีก๊าซมีเทนผสมอยู่ร้อยละ 45-80 และมีค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซมีเทน 0.299 ลิตร/กรัม ซีโอดี สำหรับการทดลองชุดที่สอง มีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำ 20.32 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 93.7 ที่อัตราการสูบตะกอนกลับ 200% มีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น 41.9 ลิตร/วัน โดยมีก๊าซมีเทนผสมอยู่ร้อยละ 70 และมีค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซมีเทน 0.232 ลิตร/กรัม ซีโอดี

แสดงว่ากระบวนการนี้สามารถนำมาใช้กับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ละลายน้ำได้ และพบว่าเกิดการดูดซึมเข้าเซลล์และกูดิจเซลล์ของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในถังคอนแทกต์และนำมาย่อยสลายต่อในถังส.ค.บ.ไอ.ซี.บ. ในกรณีที่ว่าค่าการะสารอินทรีย์สูง ๆ พบว่ามีตะกอนแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำทิ้งสูงเกิน 1,100 มก./ล. ซึ่งจะต้องหาวิธีการมาปรับปรุงการทำงานต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Anaerobic Contact Stabilization Process

Name Prasongsuk Tripornchaisak

Thesis Advisor Associated Professor Surapol Saipanich, Ph.D.

Department Sanitary Engineering

Academic Year 1986



ABSTRACT

This research works was a feasibility study of an anaerobic contact stabilization process to treat synthetic soluble wastewater. The project conducted in two groups of experiments. The first one studied on the process with fixed media, flow in reactors was completely mixed, which had 4 sets of experiment. The second one studied on the process without media (suspended growth), flow in reactor was upflow, which had 1 set of experiment.

The experiment results from the first group of experiment showed that, at the operating conditions of 2.6-10.4 kg. COD/cu.m.-day with 18.38 hr. retention time, the process had COD removal efficiency around 71.5-83.2% at 200% recycle ratio and had 54% COD removal at 400% recycle ratio. The second group showed that, at 2.6 kg. COD/cu.m.-day and 20.32 hr. retention time, the process had 93.7% COD removal at 200% recycle ratio higher than the first one. The process could product biogas rating 41-212 l./day containing 45-80% methane gas.

It could be concluded from the experimental result that the anaerobic contact stabilization process can treat soluble organic wastewater efficiently as other anaerobic process. It was also observed the adsorption of organic matter by microorganism in contact tank and organic stabilization in stabilization tank. In the case of high organic loading, the loss of suspended solids in defluent as high as 1,100 mg./l. was found so that the new method and/or the improvement of separation technique should be carry out in the next research work.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาการวิจัย เป็นอย่างสูง ซึ่งท่านได้ให้ความกรุณาเมตตาต่อผู้วิจัยมาโดยตลอด ท่านได้ให้คำแนะนำ การวิจัย ตลอดจนจัดหาอุปกรณ์ในการวิจัย รวมทั้งให้ทุนอุดหนุน ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน และคณาจารย์ในภาควิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ได้ประสิทธิ์ประสาท วิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ความดีและประโยชน์ทั้งหลายของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นผู้มีพระคุณสูงสุดของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

๗

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฬ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของกระบวนการ	3
2.3 สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อกระบวนการ	12
2.4 การพัฒนากระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	29
3 กระบวนการคอนแทกต์สแตบิลไลเซชันแบบแอนาโรบิค	39
3.1 แนวความคิดของกระบวนการ	39
3.2 หลักการทำงาน	39
3.3 พารามิเตอร์ที่สำคัญ	41
3.4 การศึกษาที่ผ่านมา	42
4 แผนการทดลองและวิจัย	44
4.1 แผนการทดลอง	44
4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	46
4.3 การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงาน	48
4.4 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์	50
4.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์	53

	หน้า
5 ผลการทดลองและวิจารณ์	55
5.1 การรายงานผลการวิจัย	55
5.2 ผลการวิจัยของกระบวนการชนิดที่มีตัวกลางอยู่กับที่ และการไหลเป็นแบบกวนสมบูรณ์	57
5.2.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอที	57
5.2.2 การผลิตก๊าซชีวภาพ	66
5.2.3 ตะกอนแขวนลอยที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์	73
5.2.4 ตะกอนแขวนลอยที่เข้าและออกจากถังสепаратор	74
5.2.5 ตะกอนแขวนลอยที่ออกมากับน้ำออก	77
5.2.6 กรดโวลลาไทล์	77
5.3 ผลการวิจัยของกระบวนการชนิดตะกอนลอยและการไหล ของน้ำเป็นแบบไหลชั้น	79
5.3.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอที	79
5.3.2 การผลิตก๊าซชีวภาพ	86
5.3.3 ตะกอนจุลชีวินภายในระบบ	92
5.3.4 กรดโวลลาไทล์	97
5.4 สรุปผลการวิจัย	99
6 ความสำคัญทางด้านวิศวกรรม	106
6.1 การทำงานของระบบ	106
6.2 ข้อดีของกระบวนการ	106
6.3 ข้อเสียของกระบวนการ	107
6.4 การนำไปใช้งาน	107
7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	108
7.1 สรุปผลการทดลอง	108
7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยที่ควรศึกษาต่อไป	110

	๘ หน้า
บรรณานุกรม	111
ภาคผนวก	117
ภาคผนวก ก	118
ภาคผนวก ข	122
ประวัติผู้วิจัย	124



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	แบคทีเรียในชั้นคอนการย่อยสลายที่ไม่สร้างมีเทนบางชนิด ที่พบในแหล่งอาหารประเภทต่าง ๆ	5
ตารางที่ 2.2	การใช้ยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนชนิดต่าง ๆ	14
ตารางที่ 2.3	สมการชีวเคมีและพลังงานอิสระมาตรฐานของปฏิกิริยา ในการสร้างมีเทนของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน	15
ตารางที่ 2.4	ปริมาณอาหารเสริมที่แบคทีเรียต้องการ	23
ตารางที่ 2.5	ความเข้มข้นของอ็อกซิเจนและโลหะหนัก ที่เป็นพิษต่อระบบ	25
ตารางที่ 2.6	แอนทาโกนิสซึม และซินเนอร์จิสซึมของอ็อกซิเจนบวก ในกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ	26
ตารางที่ 2.7	ความเข้มข้นของโลหะหนักบางชนิดที่มีต่อระบบ	28
ตารางที่ 2.8	ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนที่มีผลต่อกระบวนการแบบไร้อากาศ ..	28
ตารางที่ 4.1	แผนการวิจัยและระยะเวลาที่ทดลอง	45
ตารางที่ 4.2	แสดงส่วนผสมของน้ำเสียสังเคราะห์	52
ตารางที่ 4.3	ตัวแปรตามและความถี่ในการวิเคราะห์	54
ตารางที่ 5.1	แสดงค่าเฉลี่ยการบรรทุกระบบทุกสารอินทรีย์ และประสิทธิภาพ ในการกำจัดซีโอทีของถังคอนแทกต์ ดังสเต็มโลเซชัน และระบบรวม	58
ตารางที่ 5.2	แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ ปริมาณก๊าซมีเทน ที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และเปอร์เซ็นต์การผลิตก๊าซมีเทน เปรียบเทียบทฤษฎีของถังคอนแทกต์ ดังสเต็มโลเซชัน และของระบบ	67
ตารางที่ 5.3	ค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ ดังสเต็มโลเซชัน และที่ออกกับน้ำออกจากระบบ	73

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าเฉลี่ยกรดโวลลาไทล์ที่ออกจากถังคอนแทกต์ และถังสเติมไลเซชัน 77

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าเฉลี่ยการบรรทุกสารอินทรีย์ และประสิทธิภาพ ในการกำจัดซีไอซีของถังคอนแทกต์ ถังสเติมไลเซชัน และระบบรวมในการทดลองชุดที่สอง 81

ตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ ปริมาณก๊าซมีเทน ที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และเปอร์เซ็นต์การผลิตก๊าซมีเทน เปรียบเทียบกับทฤษฎีของถังคอนแทกต์ ถังสเติมไลเซชัน และของระบบ ในการทดลองชุดที่สอง 87

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ ถังสเติมไลเซชัน และที่ออกกับน้ำออกจากระบบในการทดลอง ชุดที่สอง 92

ตารางที่ 5.8 แสดงค่าเฉลี่ยกรดโวลลาไทล์ที่ออกจากถังคอนแทกต์ และถังสเติมไลเซชัน ในการทดลองชุดที่สอง 97

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของ ถังคอนแทกต์ในการทดลองชุดที่ 1 100

ตารางที่ 5.10 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของ ถังสเติมไลเซชันในการทดลองชุดที่ 1 101

ตารางที่ 5.11 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของ ระบบในการทดลองชุดที่ 1 102

ตารางที่ 5.12 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล ของถังคอนแทกต์ ในการทดลองชุดที่ 2 103

ตารางที่ 5.13 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล ของถังสเติมไลเซชัน ในการทดลองชุดที่ 2 104

ตารางที่ 5.14 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล ของระบบ ในการทดลองชุดที่ 2 105

สารบัญรูปประกอบ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ปฏิกริยาไกลโคไลซิสตามวิถีทาง Embden-Meyerhof-Parnas	7
รูปที่ 2.2 การย่อยกรดไขมันขนาดใหญ่ ด้วยปฏิกริยาเบต้าออกซิเคชัน	8
รูปที่ 2.3 การย่อยสลายกรดกลูตามิก	9
รูปที่ 2.4 การจับหมวดหมู่ของแบคทีเรียชนิดที่สร้างมีเทน	11
รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนรูปของสารอินทรีย์ ในกระบวนการบำบัด แบบไร้อากาศโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของซีไอที	13
รูปที่ 2.6 วิถีทางการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ	13
รูปที่ 2.7 ความสามารถในการผลิตก๊าซมีเทนของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน บางชนิดที่อุดมภูมิต่าง ๆ	17
รูปที่ 2.8 ผลของอุดมภูมิที่มีต่ออัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ	17
รูปที่ 2.9 การผลิตก๊าซมีเทนที่ค่าพีเอชต่าง ๆ	18
รูปที่ 2.10 ความสามารถในการผลิตก๊าซมีเทนของแบคทีเรียบางชนิดที่ ค่าพีเอชต่าง ๆ	18
รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างไบคาร์บอเนตกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ค่าพีเอชและอุดมภูมิต่าง ๆ	20
รูปที่ 2.12 บ่อเกรอะ (Septic tank)	31
รูปที่ 2.13 Travis Tank	31
รูปที่ 2.14 Imhoff Tank	31
รูปที่ 2.15 ถังบำบัดแบบ Conventional	33
รูปที่ 2.16 ถังบำบัดอัตราสูง (High-rate Digester)	33
รูปที่ 2.17 ถังบำบัดแบบ Clarigester	35
รูปที่ 2.18 กระบวนการสัมผัสแบบไร้อากาศ	35
รูปที่ 2.19 กระบวนการตั้งกรองไร้อากาศ	36
รูปที่ 2.20 กระบวนการ Anaerobic Attached-Film Expanded Bed	36
รูปที่ 2.21 กระบวนการ Upflow Anaerobic Sludge Blanket	38

รูปที่ 2.22	กระบวนการ Two-Phase Anaerobre Digestion	38
รูปที่ 3.1	แผนผังการไหลของน้ำในกระบวนการคอกแวกต์ส เตมิไล เซชัน แบบแอนแอโรบิก	40
รูปที่ 4.1	เครื่องวัดก๊าซ	47
รูปที่ 4.2	การติดตั้งเครื่องมือในการทดลองชุดที่ 1	49
รูปที่ 4.3	การติดตั้งเครื่องมือในการทดลองชุดที่ 2	51
รูปที่ 5.1	แสดงค่าการบรรเทาทุกสารอินทรีย์ของถังคอกแวกต์ ค่าซีไอทีที่ละลายน้ำ ที่เข้าถังคอกแวกต์ ค่าซีไอทีที่ละลายน้ำที่ออกมาจากถังคอกแวกต์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีของถังคอกแวกต์	59
รูปที่ 5.2	แสดงค่าการบรรเทาทุกสารอินทรีย์ของถังส เตมิไล เซชัน ค่าซีไอที ที่ละลายน้ำที่เข้าถังส เตมิไล เซชัน ค่าซีไอทีที่ละลายน้ำที่ออกจาก ถังส เตมิไล เซชัน และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีของ ถังส เตมิไล เซชัน	62
รูปที่ 5.3	แสดงค่าซีไอทีที่ละลายน้ำที่ออกมาคับน้ำออกจากระบบและประสิทธิภาพ ในการกำจัดซีไอทีของระบบ	64
รูปที่ 5.4	แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพรวมของระบบ ปริมาณก๊าซชีวภาพจาก ถังคอกแวกต์ ปริมาณก๊าซชีวภาพจากถังส เตมิไล เซชัน ปริมาณ ก๊าซมีเทนรวมของระบบ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และเปอร์เซ็นต์การผลิตก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับทฤษฎี	69
รูปที่ 5.5	แสดงเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากถังคอกแวกต์ ปริมาณก๊าซมีเทนออกจากถังคอกแวกต์ ปริมาณมีเทนที่ควรผลิตได้ ตามทฤษฎี และเปอร์เซ็นต์การผลิตก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับทฤษฎี	70
รูปที่ 5.6	แสดงเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากถังส เตมิไล เซชัน ปริมาณก๊าซมีเทนที่ออกจากถังส เตมิไล เซชัน ปริมาณมีเทนที่ควรผลิตได้ ตามทฤษฎีและเปอร์เซ็นต์การผลิตก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับทฤษฎี	72

รูปที่ 5.7	แสดงปริมาณความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่เข้าและออกจาก ถังคอนแทกต์	75
รูปที่ 5.8	แสดงปริมาณความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่เข้าและออกจาก ถังสเติมไลเซชัน	76
รูปที่ 5.9	แสดงปริมาณความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่ออกมาที่น้ำออก ของระบบ	78
รูปที่ 5.10	แสดงปริมาณความเข้มข้นของกรดโวล่าไฮล์ที่ออกมาจากถังคอนแทกต์ และสเติมไลเซชัน	80
รูปที่ 5.11	แสดงค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ของถังคอนแทกต์ ค่าซีไอทีที่ละลายน้ำ ที่เข้าถังคอนแทกต์ ค่าซีไอทีที่ละลายน้ำที่ออกมาจากถังคอนแทกต์ และ ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีของถังคอนแทกต์ในการทดลองชุดที่สอง ...	82
รูปที่ 5.12	แสดงค่าการบรรทุกสารอินทรีย์ของถังสเติมไลเซชัน ค่าซีไอที ที่ละลายน้ำที่เข้าถังสเติมไลเซชัน ค่าซีไอทีที่ละลายน้ำที่ออกมา จากถังสเติมไลเซชัน และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีของถัง สเติมไลเซชัน ในการทดลองชุดที่สอง	84
รูปที่ 5.13	แสดงค่าซีไอทีที่ละลายน้ำที่ออกมาที่น้ำออกจากระบบและ ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีของระบบในการทดลองชุดที่สอง	85
รูปที่ 5.14	แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพรวมของระบบ ปริมาณก๊าซชีวภาพจาก ถังคอนแทกต์ ปริมาณก๊าซชีวภาพจากถังสเติมไลเซชัน ปริมาณก๊าซ มีเทนรวมของระบบ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และ เปอร์เซ็นต์การผลิตก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับทฤษฎี	88
รูปที่ 5.15	แสดงเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ปริมาณก๊าซมีเทน ที่ออกมาจากถังคอนแทกต์ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และเปอร์เซ็นต์การผลิตก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับทฤษฎี	89
รูปที่ 5.16	แสดงเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากถังสเติมไลเซชัน ปริมาณก๊าซมีเทนจากถังสเติมไลเซชัน ปริมาณก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ ตามทฤษฎี และเปอร์เซ็นต์การผลิตก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับทฤษฎี	91

รูปที่ 5.17	แสดงปริมาณ ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่เข้าและออกจาก ถังคอนแทกต์ในการทดลองชุดที่สอง	94
รูปที่ 5.18	แสดงปริมาณความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่เข้าและออกจาก ถังสเปคิไลเซชันในการทดลองชุดที่สอง	95
รูปที่ 5.19	แสดงปริมาณความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่ออกมาที่น้ำ ออกจากระบบในการทดลองชุดที่สอง	96
รูปที่ 5.20	แสดงปริมาณความเข้มข้นของกรคโวลไทล์ที่ออกมาจากถังคอนแทกต์ และถังสเปคิไลเซชันในการทดลองชุดที่สอง	98



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย