

การประยุกต์ระบบแอดติเวเต็ดสแตตส์ที่มีถึงปฏิกิริยาหลายใบ
ในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตยา และลูกกวาด



นายอาวุธ ยิ้มแท้

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2534

ISBN 974-579-218-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017523

11735142x

APPLICATION OF MULTI-REACTOR ACTIVATED SLUDGE SYSTEM
IN TREATING WASTEWATER FROM DRUG AND CANDY FACTORIES

Mr. Awut Yimtae

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School

1991

ISBN 974-579-218-7



หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ระบบแอคติเวเต้ดสไลด์ที่มีถึงปฏิริยาหลายใบ
ในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตยา และลูกกวาด
โดย นายอาวุธ ยิ้มแท้
ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.มันลिन ตันตุลเวศม์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ดร. อวรุท

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. อวรุท วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ดร. ชงชัย นรรณสวัสดิ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย นรรณสวัสดิ์)

ดร. มันลिन ตันตุลเวศม์

.....กรรมการ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. มันลिन ตันตุลเวศม์)

ดร. เข็มพร เชาวกิจเจริญ

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. เข็มพร เชาวกิจเจริญ)

ดร. ทวี จิตไมตรี

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



อาวุธ ยิ้มแท้ : การประยุกต์ระบบแอคทีเวเต็ดสลัดจ์ที่มีถังปฏิกริยาหลายใบในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานยาและลูกกวาด (APPLICATION OF MULTI-REACTOR ACTIVATED SLUDGE SYSTEM IN TREATING WASTEWATER FROM DRUG AND CANDY FACTORIES) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.มันลีน ตันจุลเวศน์, 124 หน้า.

ISBN 974-579-218-7

ระบบแอคทีเวเต็ดสลัดจ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยถังเติมอากาศแบบสมบูรณ์ขนาดไม่เท่ากันจำนวน 3 ถังต่อกันแบบอนุกรม น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยนำมาจากโรงงานผลิตยาและลูกกวาดซึ่งมีค่าพีเอชประมาณ 4.8 และมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก น้ำเสียถูกปรับพีเอชด้วยปูนขาวให้มีค่าประมาณ 7 ก่อนป้อนเข้าสู่ระบบ อัตราป้อนน้ำเสียและอัตราหมุนเวียนตะกอนกลับสู่ถังเติมอากาศใบแรกมีค่าเท่ากันคือประมาณ 16.8 ลิตรต่อวันในทุกการทดลอง ในการทดลองกำหนดให้มีค่าอายุตะกอนถูกควบคุมเท่ากับ 20 วันเท่ากันทุกการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของถังเติมอากาศใบแรกให้มีค่าเท่ากับ 3.6, 2.8 และ 0.8 ลิตร ในการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ส่วนถังเติมอากาศใบที่ 2 และ 3 มีปริมาตร 5.6 และ 4.2 ลิตรเท่ากันทุกการทดลอง น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นเฉลี่ยประมาณ 3,990, 2,690 และ 2,540 มิลลิกรัมต่อลิตรในทุกรทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ทำให้มีความเข้มข้นของสารอาหารต่อมวลจุลชีพ (F/M) ในถังเติมอากาศใบแรกมีค่าเฉลี่ยประมาณ 5, 2.5 และ 10 กก.COD/กก.MLSS-วัน ตามการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3

จากการทดลองพบว่าระบบแอคทีเวเต็ดสลัดจ์ที่ใช้ในการทดลองมีความสามารถในการกำจัดซีโอดีได้เป็นอย่างดี กล่าวคือประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบมีค่าเท่ากับ 98.1, 99 และ 99.5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าไม่ปรากฏการจมตัวไม่ลงของตะกอนตลอดการวิจัย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตะกอนสามารถจมตัวได้ดี ดังจะเห็นได้จากค่าดัชนีปริมาตรตะกอน (SVI) มีค่าน้อยกว่า 200 มิลลิลิตรต่อกรัมในการทดลองชุดที่ 1 และน้อยกว่า 100 มิลลิลิตรต่อกรัมในการทดลองที่ 2 และ 3 นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วจากถังตะกอนมีลักษณะใส โดยมีค่าตะกอนแขวนลอยเท่ากับ 23, 12 และ 11 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่า COD ส่วนน้ำที่ผ่านการกำจัดแล้วที่ออกจากระบบมีค่า COD เท่ากับ 92, 25 และ 24 มก./ล. ในการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

AWUT YIMTAE : APPLICATION OF MULTI-REACTOR ACTIVATED SLUDGE SYSTEM IN TREATING WASTEWATER FROM DRUG AND CANDY FACTORIES. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.MUNSIN TUNTOOLAVEST, Ph.D. 131 PP.

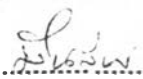
Activated sludge system used in this research was consisted of three different sizes of aeration tanks in series. Wastewater used in this research was collected from the drug and candy factory with pH approximately 4.8 and mainly composed of sugar. Wastewater was adjusted to pH approximately 7 by using lime before feeding to the system. Wastewater feeding and return sludge rate was fed into the first aeration tank in the same rate of 1.8 litre/day in all experiments. The sludge age was also controlled at 20 days.

This research was divided into three experiments by changing the volume of the first aeration tank with 3.6, 2.8 and 0.8 litre for the first, second and third experiment, respectively. The volume of the second and third aeration tanks were 5.6 and 4.2 litres in all experiments. Wastewater which fed to the first, second and third experiment have the COD of 3,990, 2,690 and 2,540 mg/L in orderly which caused the concentration of food to microorganism ratio (F/M) in the first aeration tank into 5,2.5 and 10 kg.COD/kg. MLSS-day in the first, second and third experiment, respectively.

From the result, it was found that the system had a good capability in COD removal with the efficiencies of 98.1%, 99% and 99.5%, respectively. Moreover, the bulking was disappeared all along the experiments. The result also indicated that sludge was well settled for the SVI value were below 200 ml/g in the first experiment and 100 ml/g in the second and third experiment, respectively. It was also found that treated effluent from sedimentation tank was clear and having suspended solids value of 23,12 and 11 mg/L, respectively and also having low COD. Treated effluent from the system had COD of 92,25 and 24 mg/L in the first, second and third experiment, respectively.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มันลิน ตันกุลเวศม์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำและอบรมสั่งสอน ทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ และให้ข้อคิดเห็นต่างๆแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด อย่างไม่เห็นแก่ความเหนื่อยยาก จนทำให้งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงได้

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน และคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรม สิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัท วอเนอร์-แลมเบิร์ต (ไทย) จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวกในการเก็บน้ำเสียให้แก่ผู้วิจัย เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณนี้ เพื่อนและน้องทุกท่านที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ค่าใช้จ่ายในการวิจัยครั้งนี้ ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอแสดงความขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ ความดีและประโยชน์ทั้งปวงของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแต่บุพการี ซึ่งเป็นผู้มีพระคุณสูงสุด



บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญเรื่อง.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย.....	3
2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
2.2 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
2.3 ประโยชน์ของการวิจัย.....	5
3. หลักการ ทฤษฎี และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
3.1 องค์ประกอบและลักษณะการทำงานของ ของระบบแอกติเวเต็ดคลอรีน.....	6
3.2 ปฏิกิริยาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของระบบแอกติเวเต็ดคลอรีน.....	7
3.3 การเกิดแอกติเวเต็ดคลอรีน.....	8
3.3.1 ขั้นส่งถ่าย (transfer step).....	8
3.3.2 ขั้นเปลี่ยนรูป (conversion step).....	8
3.3.3 ขั้นรวมตะกอน (flocculation step).....	8
3.4 การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย.....	9
3.5 จุลชีววิทยาของแอกติเวเต็ดคลอรีน.....	10
3.6 องค์ประกอบที่มีผลต่อการทำงานของระบบแอกติเวเต็ดคลอรีน.....	11
3.6.1 ออร์แกนิกโพลติง.....	11
3.6.2 อาหารเสริม.....	12
3.6.3 ออกซิเจนละลายน้ำ.....	12
3.6.4 ค่าพีเอช.....	14
3.6.5 อุณหภูมิ.....	15
3.6.6 ลักษณะการไหลทางชลศาสตร์ในถังเติมอากาศ.....	15

3.7	การวัดความสามารถในการจมตัวของตะกอน ของตะกอนแอคติเวเต็ดสลัดจ์.....	16
3.8	จุลชีพชนิดที่เป็นเส้นใยในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์.....	17
3.9	มูลเหตุของการใช้ถังเติมอากาศหลายใบ.....	19
3.10	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
4.	การวางแผนงานและการดำเนินการวิจัย.....	28
4.1	แผนการทดลอง.....	28
4.2	น้ำเลี้ยงที่ใช้ในการทดลอง.....	28
4.3	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	29
4.4	การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	32
4.4.1	การเก็บตัวอย่างน้ำ.....	32
4.4.2	การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	33
4.5	การควบคุมการทดลอง.....	34
4.5.1	การควบคุมอายุตะกอนของระบบ.....	34
4.5.2	การควบคุมอัตราส่วนปริมาณอาหารต่อมวลจุลชีพ (F/M) ของถังเติมอากาศใบแรก.....	35
5.	ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล.....	37
5.1	การเริ่มเลี้ยงแบคทีเรีย.....	37
5.2	พีเอช.....	38
5.3	ซีโอดี.....	46
5.4	ตะกอนแขวนลอย.....	54
5.5	การตกตะกอนที่เวลา 30 นาที และดัชนีปริมาตรตะกอน.....	61
5.6	ออกซิเจนละลายน้ำ.....	72
5.7	ลักษณะของจุลชีพที่พบในการทดลอง.....	78
6.	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	85
6.1	บทสรุป.....	85
6.2	ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป.....	87
	บรรณานุกรม.....	88
	ภาคผนวก ตารางข้อมูลดิบของตัวแปรต่างๆ.....	93
	ประวัติผู้วิจัย.....	124

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ได้สำรวจพบ.....	4
3.1	จุลชีพที่เป็นเส้นใยที่พบมากในระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์.....	18
3.2	ค่าพารามิเตอร์ของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ที่เลี้ยงด้วยน้ำเสียชนิดต่างๆ.....	24
4.1	แสดงแผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	33
5.1	แสดงค่า พีเอชเฉลี่ย ของน้ำเสีย น้ำในถังเติมอากาศและ ถังตกตะกอนในช่วง steady state ของการทดลองทั้ง 3 ชุด.....	42
5.2	แสดงค่า ซีโอดีเฉลี่ย ของน้ำเสีย น้ำในถังเติมอากาศและ ถังตกตะกอนในช่วง steady state ของการทดลองทั้ง 3 ชุด.....	51
5.3	แสดงค่า ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยเฉลี่ย ของถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน ในช่วง steady state ของการทดลองทั้ง 3 ชุด.....	58
5.4	แสดงค่าเฉลี่ย การตกตะกอนที่เวลา 30 นาที ของถังเติมอากาศ ในช่วง steady state ของการทดลองทั้ง 3 ชุด.....	65
5.5	แสดงค่าเฉลี่ย ดัชนีปริมาตรตะกอน ของถังเติมอากาศ ในช่วง steady state ของการทดลองทั้ง 3 ชุด.....	65
5.6	แสดงค่า ออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย ของถังเติมอากาศ ในช่วง steady state ของการทดลองทั้ง 3 ชุด.....	76

ตารางภาคผนวก

ตารางที่	หน้า
ผ. 1 แสดงข้อมูลค่า F/M ของถังเติมอากาศใบแรก ในการทดลองชุดที่ 1.....	94
ผ. 2 แสดงข้อมูลค่า F/M ของถังเติมอากาศใบแรก ในการทดลองชุดที่ 2.....	95
ผ. 3 แสดงข้อมูลค่า F/M ของถังเติมอากาศใบแรก ในการทดลองชุดที่ 3.....	96
ผ. 4 แสดงข้อมูลค่า พีเอช ในการทดลองชุดที่ 1.....	97
ผ. 5 แสดงข้อมูลค่า พีเอช ในการทดลองชุดที่ 2.....	99
ผ. 6 แสดงข้อมูลค่า พีเอช ในการทดลองชุดที่ 3.....	101
ผ. 7 แสดงข้อมูลค่า ซีโอดี ในการทดลองชุดที่ 1.....	103
ผ. 8 แสดงข้อมูลค่า ซีโอดี ในการทดลองชุดที่ 2.....	104
ผ. 9 แสดงข้อมูลค่า ซีโอดี ในการทดลองชุดที่ 3.....	105
ผ. 10 แสดงข้อมูลค่า ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย ในการทดลองชุดที่ 1.....	106
ผ. 11 แสดงข้อมูลค่า ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย ในการทดลองชุดที่ 2.....	107
ผ. 12 แสดงข้อมูลค่า ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย ในการทดลองชุดที่ 3.....	108
ผ. 13 แสดงข้อมูลค่า การตกตะกอนที่เวลา 30 นาที ในการทดลองชุดที่ 1.....	109
ผ. 14 แสดงข้อมูลค่า การตกตะกอนที่เวลา 30 นาที ในการทดลองชุดที่ 2.....	111
ผ. 15 แสดงข้อมูลค่า การตกตะกอนที่เวลา 30 นาที ในการทดลองชุดที่ 3.....	113
ผ. 16 แสดงข้อมูลค่า ดัชนีปริมาตรตะกอน ในการทดลองชุดที่ 1.....	115
ผ. 17 แสดงข้อมูลค่า ดัชนีปริมาตรตะกอน ในการทดลองชุดที่ 2.....	116
ผ. 18 แสดงข้อมูลค่า ดัชนีปริมาตรตะกอน ในการทดลองชุดที่ 3.....	117
ผ. 19 แสดงข้อมูลค่า ออกซิเจนละลายน้ำ ในการทดลองชุดที่ 1.....	118
ผ. 20 แสดงข้อมูลค่า ออกซิเจนละลายน้ำ ในการทดลองชุดที่ 2.....	120
ผ. 21 แสดงข้อมูลค่า ออกซิเจนละลายน้ำ ในการทดลองชุดที่ 3.....	122

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	แผนผังการทำงานของระบบแอกติเวเต้ดสลัดจ์.....	7
3.2	การเจริญเติบโตของแบคทีเรียในถังปฏิกริยาแบบทำงานเป็นเท.....	9
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าออร์แกนิกโพลด และค่าดัชนีปริมาตรตะกอน.....	11
3.4	การเจริญเติบโตของ Sphaerotilus Natans และ Arthrobacter ในสถานะที่มีค่า ออกซิเจนละลายน้ำอยู่สูง ที่อุณหภูมิ 25 ซ.	13
3.5	การเจริญเติบโตของ Sphaerotilus Natans และ Arthrobacter ในสถานะที่มีค่า ออกซิเจนละลายน้ำอยู่ต่ำ ที่อุณหภูมิ 25 ซ.	14
3.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของ Dispersion number กับ SVI....	16
3.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ กับความเข้มข้นของสลัสเตรท.....	20
3.8	แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ กับความเข้มข้นของ สลัสเตรท ของจุลชีพที่เป็นเส้นใย และจุลชีพที่สร้างฟลอค.....	22
3.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการกำจัดสลัสเตรทสูงสุด และสลัสเตรทชนิดต่างๆ.....	23
3.10	แสดงแผนผังการไหลระบบออกซิเดชันดิซของ Heide และ Pasveer.....	25
4.1	แสดงผังการไหลของระบบที่ใช้ในการวิจัย.....	30
4.2	แสดงรายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	31
5.1	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า นิเอช ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.....	39
5.2	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า นิเอช ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2.....	40
5.3	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า นิเอช ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3.....	41
5.4	แสดงค่าเฉลี่ย นิเอช ที่ตำแหน่งต่างๆ ในช่วง steady state.....	45
5.5	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ซีโอดี ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.....	47

รูปที่	หน้า	
5.6	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ซีไอที ที่ตำแหน่งต่างๆ (6/11/88 -15/12/88) ของการทดลองชุดที่ 1.....	48
5.7	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ซีไอที ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2.....	49
5.8	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ซีไอที ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3.....	50
5.9	แสดงค่าเฉลี่ย ซีไอที ที่ตำแหน่งต่างๆ ในช่วง steady state.....	53
5.10	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.....	55
5.11	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2.....	56
5.12	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3.....	57
5.13	แสดงค่าเฉลี่ย ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย ที่ตำแหน่งต่างๆ ในช่วง steady state.....	60
5.14	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า การตกตะกอนที่เวลา 30 นาที ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.....	62
5.15	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า การตกตะกอนที่เวลา 30 นาที ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2.....	63
5.16	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า การตกตะกอนที่เวลา 30 นาที ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3.....	64
5.17	แสดงค่าเฉลี่ย การตกตะกอนที่เวลา 30 นาที ที่ตำแหน่งต่างๆ ในช่วง steady state.....	67
5.18	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ดัชนีปริมาตรตะกอน ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.....	68
5.19	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ดัชนีปริมาตรตะกอน ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2.....	69
5.20	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ดัชนีปริมาตรตะกอน ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3.....	70
5.21	แสดงค่าเฉลี่ย ดัชนีปริมาตรตะกอน ที่ตำแหน่งต่างๆ ในช่วง steady state.....	71

รูปที่	หน้า
5.22 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ออกซิเจนละลายน้ำ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 1.....	73
5.23 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ออกซิเจนละลายน้ำ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 2.....	74
5.24 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ออกซิเจนละลายน้ำ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการทดลองชุดที่ 3.....	75
5.25 แสดงค่าเฉลี่ย ออกซิเจนละลายน้ำ ที่ตำแหน่งต่างๆ ในช่วง steady state.....	77
5.26 - 5.34 แสดงลักษณะของจุลชีพที่พบในการทดลอง.....	80-84