

ผลของการเติมออร์โธฟอสเฟตที่ขึ้นคอนแอมโรบิกต่อการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ
โดยกระบวนการเอสปีอาร์แบบแอมโรบิก-แอมโรบิก

นางสาว อร รุ่งเรืองวัฒน์



สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-494-2

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**EFFECTS OF THE ORTHOPHOSPHATE ADDITION TO THE AEROBIC STAGE ON
THE BIOLOGICAL PHOSPHORUS REMOVAL BY AN ANAEROBIC/AEROBIC-SBR PROCESS**



Miss Orn Rungruangwat

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

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-334-494-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของการเติมออร์โธฟอสเฟตที่ชั้นคอนแอโรบิกต่อการกำจัด
ฟอสฟอรัสทางชีวภาพ โดยกระบวนการเฮตปีอาร์แบบแอนแอโรบิก-
แอโรบิก

โดย

นางสาวอร รุ่งเรืองวัฒน์


ภาควิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม


อาจารย์ที่ปรึกษา


ศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย พรรณสวัสดิ์

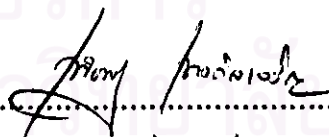
คณะกรรมการศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

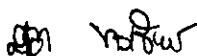

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปิณฑุภาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นติน คัชจลนพงศ์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย พรรณสวัสดิ์)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เขาวงกตเจริญ)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สุธา ขาวเชิษฐ์)

อร รุ่งเรืองวัฒน์ : ผลของการเติมออร์โธฟอสเฟตที่ขึ้นคอนแอมไรบิกต่อการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพโดยกระบวนการเอทีอาร์แบบแอนแอมไรบิก-แอโรบิก (EFFECTS OF THE ORTHOPHOSPHATE ADDITION TO THE AEROBIC STAGE ON THE BIOLOGICAL PHOSPHORUS REMOVAL BY AN ANAEROBIC/AEROBIC-SBR PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร. ธงชัย พรหมสวัสดิ์, 247 หน้า. ISBN 974-334-494-2.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการเติมออร์โธฟอสเฟตที่ขึ้นคอนแอมไรบิกต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพของกระบวนการแอนแอมไรบิก/แอโรบิก ซึ่งมีการทำงานแบบเอทีอาร์ โดยตั้งปฏิกรณ์ที่ใช้มีปริมาตรใช้งานเท่ากับ 10 ลิตร อัตราส่วนน้ำที่เติม(V_d)ค่อน้ำค้างถึง(V_u)เท่ากับ 2:1 ค่าอายุสถิตย์เท่ากับ 8 วันและวัฏจักรการทำงานเท่ากับ 8 ชม. ได้แก่ ช่วงเวลาเติมน้ำเข้ารวมกับช่วงแอนแอมไรบิก 2 ชม. ช่วงแอโรบิก 4 ชม. ช่วงตกตะกอน 40 นาที ช่วงระบายน้ำทิ้ง 5 นาที และช่วงแอนอกซิก 1 ชม. 15 นาที การทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 ชุดคือชุดแรกซึ่งเป็นชุดควบคุมที่เติมฟอสฟอรัสตามเดิมที่น้ำเสียสังเคราะห์โดยตรง และชุดที่สองซึ่งเป็นชุดทดลองเติมฟอสฟอรัสที่ขึ้นคอนแอมไรบิก โดยทั้งสองชุดทดลองกำหนดให้เติมฟอสฟอรัสในปริมาณเท่ากันคือ 15 มก./ล. และทำการแปรผันปริมาณสารอาหารเพื่อศึกษาผลของปริมาณสารอาหารที่มีต่อการกำจัดฟอสฟอรัส โดยสารอาหารที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้ในรูปแบบของอาร์บีซีโอดี(ในรูปแบบของโซเดียมอะซิเตตและนิวมิตริเจนคัมบรอกซ์) โดยใช้นิวมิตรีนคัมบรอกซ์ในปริมาณที่ให้ปริมาณไนโตรเจนเพียงสอดคล้องความต้องการของชีวสังเคราะห์ของเซลล์ ซึ่งกำหนดจากค่าอัตราส่วนบีโอดีต่อไนโตรเจนเท่ากับ 100:3) และสำหรับชุดควบคุมอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 (การทดลองชุด 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 ตามลำดับ) ส่วนชุดทดลองได้ทำการทดลองที่อัตราส่วน 6:1, 24:1 และ 48:1 (การทดลองชุด 6:1@AER, 24:1@AER และ 48:1@AER ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองแบบแบคซ์เพิ่มเติมอีก โดยได้นำตะกอนจากปลายขึ้นคอนแอมไรบิกของชุดควบคุมมาเติมฟอสฟอรัสด้วยความเข้มข้นเท่ากับ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล. ตามลำดับ เพื่อศึกษาผลของการเติมฟอสฟอรัสที่ปลายขึ้นคอนแอมไรบิกในปริมาณที่ต่างกันของชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีและฟอสฟอรัสแตกต่างกันด้วย

ผลจากการทดลองของชุดควบคุมที่สถานะคงตัวแสดงว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสเท่ากับร้อยละ 21, 42, 75 และ 100 ตามลำดับ ค่าฟอสฟอรัสตกภายในน้ำออกมีค่าเท่ากับ 11.8, 8.7, 3.7 และ 0.0 มก./ล. ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์มีค่าเท่ากับร้อยละ 13.5, 9.3, 6.4 และ 4.9 ตามลำดับ ส่วนผลการทดลองจากการเก็บโทรไฟต์ของชุดทดลองให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสเท่ากับร้อยละ 20, 59 และ 100 ตามลำดับ และฟอสฟอรัสตกภายในน้ำออกมีค่าเท่ากับ 12.0, 6.1 และ 0.0 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับชุดควบคุม จึงแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของการเติมฟอสฟอรัสเข้าระบบไม่ใช่สิ่งสำคัญที่จะมากำหนดประสิทธิภาพของการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบ แต่ปริมาณสารอาหารที่เติมเข้าระบบนั่นเองที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส กล่าวคือเมื่อปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น และพบว่าอัตราส่วนสารอาหารต่อฟอสฟอรัสมีผลต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบ โดยเฉพาะอัตราส่วนปริมาณสารอาหารต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอัตราส่วนจุลินทรีย์พวกทีเอโอคอกกลุ่มจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบจะมีค่าลดลง สำหรับผลการทดลองแบบแบคซ์แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้นจะกำจัดฟอสฟอรัสได้เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเติมฟอสฟอรัสในปริมาณมากขึ้นจะเกิดการกำจัดฟอสฟอรัสได้มากขึ้นด้วย ซึ่งแนวคิดจากผลส่วนนี้นำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมได้

ภาควิชา _____ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม _____
สาขาวิชา _____ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม _____
ปีการศึกษา _____ 2542 _____

ลายมือชื่อนิสิต อร รุ่งเรืองวัฒน์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ธงชัย
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

3972393121 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD: PHOSPHORUS REMOVAL / EBPR / PHOSPHORUS RELEASE / PHOSPHORUS UPTAKE / SBR
ORN RUNGRUANGWAT : EFFECTS OF THE ORTHOPHOSPHATE ADDITION TO THE AEROBIC
STAGE ON THE BIOLOGICAL PHOSPHORUS REMOVAL BY AN ANAEROBIC/AEROBIC-SBR
PROCESS. THESIS ADVISOR : PROF. THONGCHAI PANSWAD, Ph.D. 247 pp. ISBN 974-334-494-2.

This research was to study the effect of the orthophosphate addition to the aerobic stage on the efficiency of the biological phosphorus removal by an anaerobic/aerobic-SBR process. Working volume of the reactor was 10 l., while the ratio of influent (V_i) to remaining volume (V_r) was 2:1. The sludge age was controlled at 8 days and the cycle time was 8 hrs. : 2 hrs. feed + anaerobic , 4 hrs. aerobic, 40 min. settling, 5 min. withdraw and 1:15 hrs. anoxic. The experiment was divided into 2 points. In the first or 'Control' experiment; phosphorus was added to the synthetic wastewater directly. In the second or 'Test' experiment; phosphorus at the same dose was added to the aerobic stage. Phosphorus at 15 mg/l concentration was used in all experiments. The amount of the substrates was varied so that its effect to phosphorus removal could be investigated. The substrates used in this experiment was in terms of RBCOD (Sodium acetate + nutrient broth, the nutrient broth was used to provide the required nitrogen for cell synthesis. BOD:N ratio was set at 100:3). The synthetic wastewater in the Control experiment had RBCOD:P ratio of 6:1, 12:1, 24:1, and 48:1 while that of Test experiment RBCOD:P ratio were 6:1, 24:1 and 48:1. Besides those experiments, batch test (which took sludge from the end of the anaerobic stage of the Control experiment) was done at a different amount of phosphorus, i.e., 0, 22.5, and 67.5 mg/l., respectively.

At steady state, the efficiencies of phosphorus removal for the Control experiment were 21, 42, 75 and 100 %, respectively. The soluble phosphorus in the effluent were 11.8, 8.7, 3.7 and 0.0 mg/l, respectively. The percentage of phosphorus accumulated in cells were 13.5, 9.3, 6.4 and 4.9, respectively. From the Test-experiment profile data it is seen that the efficiencies of phosphorus removal were 20, 59 and 100 respectively. The soluble phosphorus in the effluent were 12.0, 6.1 and 0.0 mg/l, respectively which are closed to the Control result. That is, the point of phosphorus addition does not have much effect on the BPR efficiency. But it is the substrates that had effect on the efficiencies of phosphorus removal. When the amount of the substrates increased, the efficiencies of phosphorus removal also increased. And the ratio of the substrates to phosphorus had the effect to a group of organisms in the system. When the ratio of the substrates to phosphorus increased, the portion of PAOs to a group of all organisms in the system would decrease. For the result of batch tests, experiment showed that when the amount of the substrates increased, phosphorus removal also increased. And when addition phosphorus increased, phosphorus removal also increased. This discovery can lead to application in industrial reactors.

ภาควิชา _____ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา _____ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา _____ 2542

ลายมือชื่อผู้สมัคร _____ อ. วิษณุวัฒน์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____ อ. วิษณุวัฒน์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย ทรรณสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็น
อย่างสูงที่ท่านได้กรุณาเสียดสละแรงกาย แรงใจและเวลาอันมีค่าเพื่อศิษย์มาตลอด รวมทั้งให้คำปรึกษา
แนะนำในเรื่องต่างๆ ทั้งความรู้ทางด้านวิชาการ แง่คิดในการทำงาน และแง่คิดในการดำเนินชีวิตแก่ผู้
วิจัย

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยที่ให้ทุนอุดหนุนในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุก
ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ ดร. จินต์ อโฆทัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ ไชยนิทานนท์ และ ดร. รัฐ
พิชญางกูร ที่ได้ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการและให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและ
อำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนในห้องปฏิบัติการปริญญาโทที่ได้ให้ความช่วยเหลือ
ในด้านต่างๆ

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่เป็นอย่างสูงที่ได้คอยเป็นกำลังใจและให้ทุก
อย่างแก่ผู้วิจัยมาตลอด และขอขอบคุณพี่ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยมา โดย
ตลอด และขอขอบคุณความคิดและประโยชน์ทั้งปวงอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แก่ครอบครัวของผู้
วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ด
บทที่ 1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	5
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	5
บทที่ 2. ทบทวนเอกสาร.....	6
2.1 บทนำ.....	6
2.2 การกำจัดฟอสฟอรัส.....	6
2.2.1 การกำจัดฟอสฟอรัสทางเคมี.....	6
2.2.2 การกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ.....	7
2.2.2.1 หลักการพื้นฐานในการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ.....	7
2.2.2.2 ปังจี้ที่มีผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ.....	10
2.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบเอสบิโออาร์.....	13
2.3.1 หลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบิโออาร์.....	14
2.3.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบเอสบิโออาร์.....	15
2.3.3 การประยุกต์ใช้ระบบเอสบิโออาร์ในการกำจัดฟอสฟอรัส.....	16
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16

	หน้า
บทที่ 3. แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย.....	43
3.1 แผนการทดลอง.....	43
3.1.1 ตัวแปรคงที่.....	43
3.1.2 ตัวแปรอิสระ.....	44
3.1.3 ตัวแปรตาม.....	48
3.2 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง.....	49
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	49
3.4 การติดตั้งเครื่องมือและการควบคุมการทำงาน.....	53
3.4.1 การติดตั้งเครื่องมือ.....	53
3.4.2 การควบคุมการทำงาน.....	55
3.5 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	56
3.5.1 การเก็บตัวอย่าง.....	56
3.5.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	58
บทที่ 4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.....	59
4.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลของชุดควบคุมและชุดทดสอบ.....	60
4.1.1 อุณหภูมิ.....	60
4.1.2 ออกซิเจนละลาย.....	60
4.1.3 ไออาร์พี.....	64
4.1.4 สภาพต่าง.....	68
4.1.5 พีเอช.....	70
4.1.6 เอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอส.....	72
4.1.7 ค่าของแข็งแขวนลอย, เอสวี30 และเอสวีไอ.....	74
4.1.8 กรด ไบระเห่งง่าย.....	77
4.1.9 ซีไอดี.....	81
4.1.10 ทีเคเอ็น.....	84
4.1.11 ไนโตรดัดและไนเตรด.....	86
4.1.12 ฟอสฟอรัส.....	89
4.1.13 พีเอชเอ.....	96

4.1.14 อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะและอัตราการจับใช้ ฟอสฟอรัสจำเพาะ.....	101
4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลชุดทดลองแบบเบ็ดเสร็จของชุดควบคุม.....	105
4.3 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดฟอสฟอรัส.....	110
4.3.1 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆที่สถานะกวดของชุดควบคุมที่ สถานะแอนแอโรบิก.....	110
4.3.2 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆที่สถานะกวดของชุดควบคุมที่ สถานะแอโรบิก.....	113
บทที่ 5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	115
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	115
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	116
รายการอ้างอิง.....	118
ภาคผนวก.....	123
ภาคผนวก ก. การคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์.....	124
ภาคผนวก ข. ข้อมูลผลการทดลอง.....	129
ภาคผนวก ค. การหาค่ากรด ไบโระเหย่ง่ายโดยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟี.....	216
ภาคผนวก ง. การหาปริมาณพีเอชเอ.....	218
ภาคผนวก จ. ข้อมูลการทดลองหาอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัส อัตราการปลด ปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะ อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส และอัตราการจับ ใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะ.....	220
ภาคผนวก ฉ. การคำนวณหาค่าอัตราส่วนต่างๆของชุดควบคุม.....	237
ภาคผนวก ช. การเพาะเชื้อพีเอโอ.....	240
ภาคผนวก ซ. บันทึกการทดลอง.....	241
ประวัติผู้วิจัย.....	247

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	ลักษณะของน้ำเสียชุมชนจากบ้านพักอาศัย.....	2
ตารางที่ 2.1	ส่วนประกอบของชีวมวลที่ได้จากการทดลองในระบบเอสปีอาร์ที่มีการเติม อะซิเตดและฟอสฟอรัสที่ขึ้นคอนแวนโรบิก.....	30
ตารางที่ 2.2	อัตราการจับไร้ฟอสฟอรัสที่ขึ้นคอนแวนอกซิก, อัตราการเกิดปฏิกิริยาดีโน ครีฟิเคชัน, อัตราการใช้ทีเอชบี และอัตราส่วนการใช้ทีเอชบีต่อไนเตรดที่ถูก ใช้ไป.....	33
ตารางที่ 2.3	การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราในขณะที่มี(+P)และไม่มี(-P)ฟอสเฟต ในสารละลายทั้งหมด.....	37
ตารางที่ 2.4	การเติมอะซิเตดในแต่ละแบคช์.....	40
ตารางที่ 2.5	อัตราการจับไร้ของไร้ฟอสเฟตสูงสุด(r_{max})และสัมประสิทธิ์ของการอิ่มตัว ครึ่งหนึ่ง(half saturation coefficient, K_s)ที่ประมาณได้.....	42
ตารางที่ 3.1	ตัวแปรที่ควบคุมให้คงที่ตลอดการทดลอง.....	43
ตารางที่ 3.2	สรุปแนวคิดเปรียบเทียบทีมงานที่จะศึกษาในแต่ละชุดทดลอง.....	47
ตารางที่ 3.3	ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์และปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมเข้าถังแวนโรบิก.....	48
ตารางที่ 3.4	ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในแต่ละชุดทดลอง.....	49
ตารางที่ 3.5	ลำดับขั้นและเวลาในการทำงานของระบบ.....	55
ตารางที่ 3.6	พารามิเตอร์และความถี่ที่จะวิเคราะห์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง.....	57
ตารางที่ 3.7	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์.....	58
ตารางที่ 4.1	ค่าออกซิเจนละลายจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่า ออกซิเจนละลายของชุดทดสอบ.....	60
ตารางที่ 4.2	ค่าไออาร์ทีเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่าไออาร์ทีของชุด ทดสอบ.....	67
ตารางที่ 4.3	ค่าสภาพต่างเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่าสภาพต่างของ ชุดทดสอบ.....	68
ตารางที่ 4.4	ค่าพีเอชเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่าพีเอชของชุด ทดสอบ.....	70

ตารางที่ 4.5	เอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสที่ปลายชั้นคอนแอโรบิกของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว และเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสของชุดทดสอบ.....	72
ตารางที่ 4.6	ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย, ค่าเอสวี30เฉลี่ย และค่าเอสวีไอเฉลี่ยที่สถานะคงตัวของชุดควบคุม และค่าของแข็งแขวนลอย, ค่าเอสวี30 และค่าเอสวีไอของชุดทดสอบ.....	76
ตารางที่ 4.7	ค่ากรดไขมันระเหยง่ายเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่ากรดไขมันระเหยง่ายของชุดทดสอบ(วัดอย่างหยาบโดยใช้วิธีไทเทรต).....	79
ตารางที่ 4.8	ค่ากรดไขมันระเหยง่ายเฉลี่ยที่สถานะคงตัวของชุดควบคุม(ใช้วิธีวัดแบบละเอียดด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี).....	80
ตารางที่ 4.9	ค่าซีไอเฉลี่ยในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัวและค่าซีไอของชุดทดสอบที่วัดในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างโปรไฟล์.....	81
ตารางที่ 4.10	ค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่าทีเคเอ็นของชุดทดสอบ.....	84
ตารางที่ 4.11	ค่าเฉลี่ยของไนไตรต์และไนเตรตจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุม และค่าไนไตรต์และไนเตรตของชุดทดสอบ.....	86
ตารางที่ 4.12	ค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว.....	92
ตารางที่ 4.13	ชุดฟอสฟอรัสในระบบของชุดควบคุมที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสต่างกัน.....	94
ตารางที่ 4.14	พีเอชเอในเซลล์เฉลี่ยของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว.....	96
ตารางที่ 4.15	อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสต่างกัน.....	101
ตารางที่ 4.16	อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสต่างกัน.....	102
ตารางที่ 4.17	อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัส, อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส และค่าฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้งของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสต่างกัน.....	104
ตารางที่ 4.18	อัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อซีไอดีและกรดระเหยง่ายที่ใช้ไป, ค่าฟอสฟอรัสละลายที่ปลายชั้นคอนแอโรบิก และค่าพีเอชที่ปลายชั้นคอนแอโรบิก.....	110

<p>ตารางที่ 4.19</p>	<p>ทีเอชเอทีสร้างขึ้นคือชิโอดีที่ใช้ไปที่ชั้นคอนแอนแอโรบิก, ค่าทีเอชที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิก และค่าฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิก.....</p>	<p>112</p>
<p>ตารางที่ 4.20</p>	<p>ฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อการ ใช้ชิโอดีและกระดาษกรองที่ชั้นคอนแอนแอโรบิก, ฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อทีเอชที่ถูกใช้ไปในชั้นคอนแอนแอโรบิก, ค่าฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิก และค่าทีเอชที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิก.....</p>	<p>114</p>



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	ลักษณะการทำงานของระบบฟิรโคกซ์แบบ 3 ชั้นคอนที่มีการเติมน้ำเสียเข้าที่ถังแอนออกซิก.....	4
รูปที่ 2.1	การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสและบีโอดีที่เกิดขึ้นในกระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ.....	10
รูปที่ 2.2	การทำงานของกระบวนการเอสบิอาร์.....	14
รูปที่ 2.3	กระบวนการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยใช้ระบบเอสบิอาร์.....	16
รูปที่ 2.4	การจับใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดกับการปลดปล่อยฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อระบบมีค่าอายุสัปดาห์ที่ 8, 10, 15 และ 20 วัน.....	17
รูปที่ 2.5	ลักษณะการทำงานของชุดทดลองบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพขนาดปฏิบัติการซึ่งรับน้ำเสียดิบจากโรงบำบัดน้ำเสารวมของเมืองโทรอนโท ประเทศแคนาดา และมีการเติมสารอาหารเพิ่มให้ระบบด้วย.....	18
รูปที่ 2.6	การปลดปล่อยและจับใช้ฟอสฟอรัสในถังปฏิกริยาแต่ละใบซึ่งมีการเติมโซเดียมอะซิเตดด้วยความเข้มข้นเท่ากับ 0, 20, 30, 50 และ 60 มก.ซีโอดี/ล.....	19
รูปที่ 2.7	วิธีทดลองของชุดทดลองแบบแบคซ์ซึ่งมีการทำงานแบบแอนแอโรบิก-แอนออกซิกโดยมีการเติมสารอาหารที่ชั้นคอนแอนแอโรบิกและมีช่วงเวลาในการทำงานของชั้นคอนแอนแอโรบิก-แอนออกซิกต่างกัน.....	20
รูปที่ 2.8	การจับใช้ฟอสฟอรัสที่ชั้นคอนแอนออกซิกของชุดทดลองแบบแบคซ์ที่มีการเติมสารอาหารที่ชั้นคอนแอนแอโรบิกและมีช่วงเวลาในการทำงานของชั้นคอนแอนแอโรบิก-แอนออกซิกต่างกัน.....	21
รูปที่ 2.9	อัตราการจัดจับใช้ฟอสฟอรัสที่ชั้นคอนแอนออกซิกกับการจับใช้อะซิเตดที่ชั้นคอนแอนแอโรบิก.....	22
รูปที่ 2.10	ความเข้มข้นของอะซิเตดและฟอสฟอรัสในการทดลองแบบแบคซ์ที่มีการทำงานแบบแอนโรบิก-แอนแอโรบิกโดยใช้สัปดาห์ที่นำมาจากจุดสุดท้ายของชั้นคอนแอนแอโรบิกของระบบเอสบิอาร์.....	23
รูปที่ 2.11	การทำงานร่วมกันของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์-จานหมุนชีวภาพ.....	24

	หน้า
รูปที่ 2.12 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในชั้นคอนกรีตแอโรบิก แอนอกซิก และแอโรบิก.....	24
รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนฟอสฟอรัสต่อซีโอดีกับเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสที่สะสมในเซลล์ที่ชั้นคอนกรีตแอโรบิก.....	26
รูปที่ 2.14 ลักษณะการทำงานของโรงบำบัดน้ำเสียที่เวสต์เบงก์ บริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา.....	27
รูปที่ 2.15 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในถังปฏิกริยาต่างๆ.....	27
รูปที่ 2.16 การจับใช้ฟอสฟอรัสหลังจากเติมฟอสฟอรัสที่ชั้นคอนกรีตแอโรบิก.....	28
รูปที่ 2.17 ก การเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่างๆในระบบเอสบิโออาร์ที่มีการใช้เวลาเดิมอากาศและมีการเติมอะซิเตดและฟอสฟอรัสที่ชั้นคอนกรีตแอโรบิก.....	29
รูปที่ 2.17 ข ค่าของ f_{pp} และ f_{pb} และอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะของการทดลอง.....	29
รูปที่ 2.18 ความเข้มข้นของพารามิเตอร์ต่างๆของระบบเอสบิโออาร์ที่มีการเติมอากาศและมีการเติมฟอสฟอรัส ไปแคตซีม และแมกนีเซียมในชั้นคอนกรีตแอโรบิก.....	31
รูปที่ 2.19 การติดตั้งชุดทดลองแบบเบดซ์ซึ่งมีการทำงานแบบแอโรบิก-แอนอกซิก..	32
รูปที่ 2.20 ผลของความแตกต่างของปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในเซลล์ที่ชั้นคอนกรีตแอโรบิกที่มีต่ออัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสเริ่มต้นที่ชั้นคอนกรีตแอนอกซิก.....	32
รูปที่ 2.21 ผลของการเติมอะซิเตดอย่างต่อเนื่องที่ชั้นคอนกรีตแอนอกซิกและปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในเซลล์ที่ชั้นคอนกรีตแอโรบิกต่างกันที่มีต่อการจับใช้ฟอสฟอรัสที่ชั้นคอนกรีตแอนอกซิก.....	34
รูปที่ 2.22 ปริมาณโพแทสเซียมในเซลล์เทียบกับเวลาเมื่อมีการเติมออร์โธฟอสเฟตในสารละลาย.....	36
รูปที่ 2.23 ปริมาณโพแทสเซียมในเซลล์เทียบกับเวลาเมื่อไม่มีการเติมออร์โธฟอสเฟตในสารละลาย.....	37
รูปที่ 2.24 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมในเซลล์เทียบกับเวลาเมื่อมีออร์โธฟอสเฟตในช่วงแอโรบิก.....	38
รูปที่ 2.25 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมในเซลล์เทียบกับเวลาเมื่อไม่มีออร์โธฟอสเฟตในช่วงแอโรบิก.....	39

รูปที่ 2.26	ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตสำหรับการทดลองแบบเบคค์ที่มีการเติมอะซิเทตและมีการทำงานของระบบเป็นแบบแอนแอโรบิก-แอโรบิกติดต่อกัน 3 วัฏจักร.....	40
รูปที่ 2.27	ความเข้มข้นของพีเอชบีที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของแต่ละช่วงแอนแอโรบิกและแอโรบิกสำหรับการทดลองแบบเบคค์ที่มีการเติมอะซิเทต.....	41
รูปที่ 2.28	อัตราการจับใช้ออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้นที่สังเกตได้เทียบกับความเข้มข้นพีเอชบีเริ่มต้น.....	41
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการศึกษาวิจัย.....	46
รูปที่ 3.2	ลักษณะของถังปฏิกรณ์.....	50
รูปที่ 3.3	การติดตั้งเครื่องมือของกระบวนการเอสปีอาร์แบบแอนแอโรบิก/แอโรบิกในแต่ละชุดทดลอง.....	53
รูปที่ 3.4	การติดตั้งชุดทดลองแบบเบคค์.....	54
รูปที่ 4.1	อุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	61
รูปที่ 4.2	ออกซิเจนละลายในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	62
รูปที่ 4.3	โพรไฟล์ค่าออกซิเจนละลายในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว.....	63
รูปที่ 4.4	โพรไฟล์ค่าออกซิเจนละลายในระบบของชุดทดสอบ.....	63
รูปที่ 4.5	ค่าไออาร์พีในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	65
รูปที่ 4.6	โพรไฟล์ค่าไออาร์พีในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว.....	66
รูปที่ 4.7	โพรไฟล์ค่าไออาร์พีในระบบของชุดทดสอบ.....	66
รูปที่ 4.8	สภาพค่างในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	69
รูปที่ 4.9	ค่าพีเอชในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	71
รูปที่ 4.10	ปริมาณเอ็่มแอลเอสเอสและเอ็่มแอลวีเอสเอสที่ปลาช่วงแอโรบิกในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	73
รูปที่ 4.11	ปริมาณเอ็่มแอลเอสเอสและเอ็่มแอลวีเอสเอสในระบบของชุดควบคุมที่อัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน.....	74
รูปที่ 4.12	ค่าของแ็งแวนลอย เอสวี30 และเอสวีไอในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	75
รูปที่ 4.13	ค่าของแ็งแวนลอยเฉลี่ย, ค่าเอสวี30เฉลี่ย และค่าเอสวีไอเฉลี่ยที่สถานะคงตัวของชุดควบคุมที่อัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน.....	77
รูปที่ 4.14	ค่ากรดโบระเหยง่าย(โดยวิธีไทเทรต)ในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	78

	หน้า	
รูปที่ 4.15	โทร โฟล์ดค่ากรด ไชระเหยง่ายในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว(วัดแบบ ละเอียดโดยวิธีใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟฟี).....	81
รูปที่ 4.16	ค่าซี ไอดีทั้งหมดในน้ำเข้าและค่าซี ไอดีกรองในชั้นคอนแอนแอโรบิกและแอโร บิกในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	82
รูปที่ 4.17	โทร โฟล์ดค่าซี ไอดีกรองในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว.....	83
รูปที่ 4.18	ค่าทีเคเอ็นในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	85
รูปที่ 4.19	ไนโตรดีในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	87
รูปที่ 4.20	ไนเตรดในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	88
รูปที่ 4.21	ค่าฟอสฟอรัสในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม.....	90
รูปที่ 4.22	ค่าฟอสฟอรัสในช่วงเวลาต่างๆของชุดทดสอบ.....	91
รูปที่ 4.23	โทร โฟล์ดค่าฟอสฟอรัสในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว.....	91
รูปที่ 4.24	โทร โฟล์ดค่าฟอสฟอรัสละลายของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์ บีซี ไอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1.....	92
รูปที่ 4.25	โทร โฟล์ดค่าฟอสฟอรัสละลายของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์ บีซี ไอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 24:1.....	92
รูปที่ 4.26	โทร โฟล์ดค่าฟอสฟอรัสละลายของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์ บีซี ไอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 48:1.....	92
รูปที่ 4.27	ชุดฟอสฟอรัสในระบบของชุดควบคุมที่มีอัตราส่วนอาร์บีซี ไอดีต่อฟอสฟอรัส ต่างๆกัน.....	95
รูปที่ 4.28 ก	โทร โฟล์ดปริมาณทีเอชเอในเซลล์ของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว.....	97
รูปที่ 4.28 ข	โทร โฟล์ดปริมาณทีเอชเอในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว.....	97
รูปที่ 4.29	ปริมาณทีเอชเอในระบบที่ปลาทองแอโรบิกและค่าฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้ง ของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซี ไอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน.....	98
รูปที่ 4.30	โทร โฟล์ดค่าทีเอชเอในระบบของชุดทดสอบ.....	99
รูปที่ 4.31	โทร โฟล์ดค่าทีเอชเอในระบบของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บี ซี ไอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1.....	100
รูปที่ 4.32	โทร โฟล์ดค่าทีเอชเอในระบบของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บี ซี ไอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 24:1.....	100
รูปที่ 4.33	โทร โฟล์ดค่าทีเอชเอในระบบของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บี ซี ไอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 48:1.....	100

	หน้า	
รูปที่ 4.34	อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะของ ชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดอ์ฟอสฟอรัสต่างๆกัน.....	102
รูปที่ 4.35	อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะของชุดควบคุม ซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดอ์ฟอสฟอรัสต่างๆกัน.....	103
รูปที่ 4.36	อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัส, อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส และค่าฟอสฟอรัส ละลายในน้ำทิ้งของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดอ์ฟอสฟอรัสต่างๆ กัน.....	104
รูปที่ 4.37	โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและพีเอชเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มี มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดอ์ฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1 โดยเติมฟอสฟอรัสเพิ่มพิเศษ ที่ปลายชั้นคอนแอนแอรโรบิกเท่ากับ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล.....	106
รูปที่ 4.38	โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและพีเอชเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มี มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดอ์ฟอสฟอรัสเท่ากับ 12:1 โดยเติมฟอสฟอรัสเพิ่ม พิเศษที่ปลายชั้นคอนแอนแอรโรบิกเท่ากับ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล.....	106
รูปที่ 4.39	โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและพีเอชเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มี มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดอ์ฟอสฟอรัสเท่ากับ 24:1 โดยเติมฟอสฟอรัสเพิ่ม พิเศษที่ปลายชั้นคอนแอนแอรโรบิกเท่ากับ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล.....	107
รูปที่ 4.40	โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและพีเอชเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มี มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดอ์ฟอสฟอรัสเท่ากับ 48:1 โดยเติมฟอสฟอรัสเพิ่ม พิเศษที่ปลายชั้นคอนแอนแอรโรบิกเท่ากับ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล.....	107
รูปที่ 4.41	โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและพีเอชเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มี มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดอ์ฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 โดยไม่ มีการเติมฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนแอรโรบิก.....	109
รูปที่ 4.42	โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและพีเอชเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มี มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดอ์ฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 โดยมี การเติมฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนแอรโรบิกเท่ากับ 22.5 มก./ล.....	109
รูปที่ 4.43	โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและพีเอชเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มี มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดอ์ฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 โดยมี การเติมฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนแอรโรบิกเท่ากับ 67.5 มก./ล.....	110

	หน้า	
รูปที่ 4.44	อัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อซีโอดีและกรดไขมันระเหยง่ายที่ใช้ไป, ค่าฟอสฟอรัสละลายที่ปลายชั้นคอนแอมแอโรบิก และพีเอชที่ปลายชั้นคอนแอมแอโรบิก.....	111
รูปที่ 4.45	พีเอชเอที่สร้างขึ้นต่อซีโอดีที่ใช้ไปที่ชั้นคอนแอมแอโรบิก, ค่าพีเอชที่ปลายชั้นคอนแอมแอโรบิก และค่าฟอสฟอรัสละลายที่ปลายชั้นคอนแอมแอโรบิก.....	113
รูปที่ 4.46	ฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อซีโอดีและกรดไขมันระเหยง่ายที่ใช้ไป, ฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อพีเอชเอที่ใช้ไป, พีเอชที่ปลายชั้นคอนแอมแอโรบิก และค่าฟอสฟอรัสละลายที่ปลายชั้นคอนแอมแอโรบิก.....	114
รูปที่ 5.1	กระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพที่มีการเติมน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงแต่มีค่าซีโอดีต่ำที่ชั้นคอนแอมแอโรบิก โดยให้แหล่งคาร์บอนอินทรีย์จากน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีสูงแต่มีค่าฟอสฟอรัสต่ำ.....	117



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ของชุดทดลอง.....	54



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย