ผลของเวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิกที่มีต่อการกำจัดซีโอดี ในกระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก

นายอนันต์ กาญจนวุฒิธรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539
ISBN 974-634-199-5
สงวนลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 16894066

EFFECTS OF HYDRAULIC RETENTION TIME IN ANAEROBIC TANK ON COD REMOVAL IN ANAEROBIC-AEROBIC ACTIVATED SLUDGE PROCESS

Mr. Anan Kanchanawuthitham

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1996

ISBN 974-634-199-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของเวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิกที่มีต่อการกำจัดซีโอดี ในกระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก–แอโรบิก
โดย	นายอนันต์ กาญจนวุฒิธรรม
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจาร์ย ดร.ธีระ เกรอต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประแสง มงคลศิริ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อนันต์ กาญจนวุฒิธรรม : ผลของเวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิกที่มีต่อการกำจัดซีโอดีในกระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก (EFFECTS OF HYDRAULIC - RETENTION TIME IN ANAEROBIC TANK ON COD REMOVAL IN ANAEROBIC-AEROBIC ACTIVATED SLUDGE PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ธีระ เกรอต, 112หน้า, ISBN 974-634-199-5

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี และลักษณะการจมตัวของตะกอนในกระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจากการผลิตเบียร์ มีค่าซีโอดี 1,000 มก./ล. ปรับสภาพให้มีค่าอัตราส่วน COD : N : P ที่ 150 :5:2 การป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบเป็นแบบต่อเนื่อง มีอัตราส่วนการเวียนตะกอนกลับเท่ากับ 100% โดยแปรค่าเวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิก 4 ค่า คือ 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง ทำให้ค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์ในถังแอนแอโรบิกเท่ากับ 16.1, 5.6, 3.0 และ 1.9 กก. ซีโอดีต่อ กก.ตะกอนจุลินทรีย์ต่อวัน ตามลำดับ

พบว่า เวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิกมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่ค่าเวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิกน้อยกว่า 5 ชั่วโมง ซึ่งให้ค่าอัตราส่วนปริมาณสารอาหารต่อจุลินทรีย์มากกว่า 3.0 กก. ซีโอดีต่อ กก.ตะกอนจุลินทรีย์ต่อวัน ให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในช่วงแอนแอโรบิกแตกต่างกันน้อยมาก ค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีอยู่ในช่วงร้อยละ 60-64 เท่านั้น แต่ที่ค่าเวลากักน้ำเท่ากับ 7 ชั่วโมง ซึ่งให้ค่าอัตราส่วนปริมาณสารอาหารต่อจุลินทรีย์เท่ากับ 1.9 กก. ซีโอดีต่อ กก.ตะกอนจุลินทรีย์ต่อวัน ให้ค่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังแอนแอโรบิกสูงขึ้นถึงร้อยละ 84 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังแอนแอโรบิกมีผลต่อค่าดัชนีปริมาตรของตะกอน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังแอนแอโรบิกที่สูงกว่าร้อยละ 80 จะให้ค่าดัชนีปริมาตรตะกอนที่ค่าต่ำกว่า 200 มิลลิลิตรต่อกรัม ค่าอัตราส่วนปริมาณสารอาหารต่อจุลินทรีย์ของถังแอนแอโรบิกที่เหมาะสมจะมีค่าประมาณ 1.9 กก. ซีโอดีต่อกก. ตะกอนจุลินทรีย์ต่อวัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต อนันต์ กาญจนวุฒิธรรม

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C617388 : MAJOR SANITARY ENGINEERING
KEY WORD: RETENTION TIME/ COD REMOVAL/ BULKING/ ACTIVATED SLUDGE

ANAN KANCHANAWUTHITHAM : EFFECTS OF HYDRAULIC RETENTION TIME IN ANAEROBIC TANK ON COD REMOVAL IN ANAEROBIC-AEROBIC ACTIVATED SLUDGE PROCESS.THESIS ADVISOR : ASSO.PROF. THEERA KAROT, Ph.D. 112 pp.
ISBN 974-634-199-5

The purposes of this research were to study the COD removal efficiency and sludge settleability in anaerobic-aerobic activated sludge process. Influent wastewater was brewery wastewater with COD concentration of 1,000 mg/1 and provided COD : N : P ratio as 150 : 5 : 2. The wastewater was brewery wastewater with COD concentration of 1,000 mg/1. and provided COD : N : P ratio as 150 : 5 : 2. The wastewater was fed continuously and the rate of return activated sludge was 100% , resulting in F/M ratio of 16.1, 5.6,3.0 and 1.9 kg COD/kg.MLSS-day respectively.

It was found that the anaerobic retention time influenced the COD removal in anaerobic tank. For anaerobic retention time less than 5 hours which provided F/M ratio in the anaerobic tank more than 3.0 kg COD/kgMLSS-day the COD removal efficiency were in the range from 60 to 64%. While the anaerobic retention time of 7 hours which provided the F/M ratio in anaerobic tank of 1.9 kg COD/kg MLSS-day, the COD removal efficiency was 84%. In addition, the COD removal efficiency the sludge volume index (SVI). When the COD removal in anaerobic tank was more than 80%, the SVI was less than 200 mg/1. The optimum F/M ratio of anaerobic tank was about 1.9 kg COD/kg MLSS-day.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต ANAN KANCHANAWUTHITHAM

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Theera Karot

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จขึ้นได้ นอกจากความพยายามและความตั้งใจของผู้วิจัยแล้ว ต้องขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต เป็นอย่างสูง ผู้ซึ่งได้ให้การอบรม สั่งสอน และชี้แนะแนวทางต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างสูงต่อการดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประแสง มงคลศิริ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ที่ช่วยกรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการแก่ผู้วิจัย รวมถึงคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้มอบความรู้ต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณบริษัท บุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ และน้ำตะกอนจุลินทรีย์ เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการทดลองได้จนเป็นผลสำเร็จ

ขอขอบคุณ สมาคมราชกรีฑาสโมสร ซึ่งได้มอบทุนการศึกษาให้แก่ผู้วิจัย เพื่อแบ่งเบาภาระทางการเงินของผู้วิจัย ในการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนสนับสนุนการวิจัยนี้ จนทำให้การวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณสุกษม สุขสถาน ที่ได้ให้ความสะดวก และช่วยเหลือในการนำน้ำเสียจากโรงงานเบียร์ มาทดลองยังห้องปฏิบัติการทดลอง รวมไปถึงเพื่อน ๆ และน้อง ๆ นิสิตปริญญาโท ทุกท่านที่ช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอด

และสิ่งสำคัญที่สุดต้องขอขอบคุณครอบครัวของผู้วิจัยทุกท่าน และคุณเรวดี ทีปไพบูลย์ ที่ได้ให้การช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน และเป็นกำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัย ในการผลักดันให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

อนันต์ กาญจนวุฒิธรรม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญรูป ..... ฏ
คำอธิบายคำย่อ ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ 1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 2
   2.1 วัตถุประสงค์ 2
   2.2 ขอบเขตการวิจัย 2
3. พื้นฐานกระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์ 3
   3.1 แนะนำกระบวนการ 3
      3.1.1 ถังเติมอากาศ 4
      3.1.2 ถังตกตะกอนขั้นที่สอง 4
   3.2 การเกิดแอกทิเวเตดสลัดจ์ 4
      3.2.1 ขั้นส่งถ่าย 5
      3.2.2 ขั้นเปลี่ยนรูป 5
      3.3.3 ขั้นรวมตะกอน 5
   3.3 จุลชีววิทยาของแอกทิเวเตดสลัดจ์ 5
      3.3.1 จุลินทรีย์สร้างฟล็อค 5
      3.3.2 แซฟโปรไฟท์ 6
      3.3.3 จุลินทรีย์ก่อกวน 6
      3.3.4 จุลินทรีย์ทำลายหรือผู้ล่า 6
   3.4 กลไกการทำงาน 6
   3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ 7
      3.5.1 ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย 7
      3.5.2 อาหารเสริม 7
      3.5.3 ออกซิเจนละลายน้ำ 7
      3.5.4 ระยะเวลาในการบำบัด 8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

3.5.5 ค่าพีเอช 8
3.5.6 สารเป็นพิษ 8
6.5.7 อุณหภูมิ 8
6.5.8 การกวน 9
6.5.9 อัตราการไหลของน้ำเสีย 9
4. กระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก–แอโรบิก 10
4.1 บทนำ 10
4.2 ลักษณะการทำงานของกระบวนการ 10
4.2.1 ถังแอนแอโรบิก 11
4.2.2 ถังแอโรบิก 13
4.3 จุลชีววิทยาในกระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก–แอโรบิก 16
4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บสะสมสารอาหารไว้ภายในเซลล์ 16
4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของกระบวนการ 17
4.5.1 ความเข้มข้นซีโอดีที่เข้าระบบ 17
4.5.2 ภาระบรรทุกบีโอดี 17
4.5.3 การเติมอะซิเตด 18
4.5.4 ไนเตรท 18
4.5.5 อุณหภูมิ 18
4.5.6 การออกแบบถังตกตะกอน 19
4.5.7 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในช่วงแอโรบิก 19
4.5.8 การเติมอากาศที่มากเกินพอให้แก่ตะกอนเวียนกลับ 19
4.6 การออกแบบกระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก–แอโรบิก 20
4.6.1 การออกแบบถังแอนแอโรบิก 20
4.6.2 การออกแบบถังแอโรบิก 21
5 การเกิดบัลกิ้ง 22
5.1 สาเหตุของการเกิดบัลกิ้ง 22
5.1.1 ปัจจัยทั่วไป 23
5.1.2 ปัจจัยจำเพาะ 23
5.2 หลักการควบคุมการเกิดบัลกิ้งโดยใช้ถังคัดพันธุ์ 25
5.3 ชนิดและรูปแบบของถังคัดพันธุ์ 27
5.3.1 ถังคัดพันธุ์แบบแอโรบิก 28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

5.3.2 ถังคัดพันธุ์แบบแอนอคซิก 28
5.3.3 ถังคัดพันธุ์แบบแอนแอโรบิก 29
6 แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย 31
6.1 แผนการทดลอง 31
6.2 การเตรียมน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง 32
6.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 32
6.3.1 ถังเก็บน้ำเสียและถังเก็บน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว 32
6.3.2 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบ 33
6.3.3 ถังแอนแอโรบิก 33
6.3.4 ถังแอโรบิก 34
6.3.5 ท่อน้ำเข้าและท่อน้ำออก 34
6.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ 34
6.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ 34
6.4.2 วิธีวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง 36
6.5 การควบคุมการทดลอง 37
7 ผลการทดลอง และการวิจารณ์ 39
7.1 การเริ่มต้นเลี้ยงจุลินทรีย์ 39
7.2 การเข้าสู่สภาวะคงตัว 39
7.3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี 50
7.4 คุณสมบัติการจมตัวของตะกอน 55
7.5 การตรวจสอบทางชีววิทยา 61
7.5.1 การทดลองชุดที่ 1 , 2 และ 3 61
7.5.2 การทดลองชุดที่ 4 62
7.6 ค่าซีโอดีของตะกอนจุลินทรีย์ 62
7.7 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และดัชนีปริมาตรตะกอน 68
8 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 70
8.1 สรุปผลการวิจัย 70
8.2 ข้อเสนอแนะ 71
รายการอ้างอิง 72
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างการคำนวณ 77
ภาคผนวก ข. การย้อมแบคทีเรียแบบแกรม 78

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

ภาคผนวก ค. การจำแนกชนิดแบคทีเรียเส้นใย 80
ภาคผนวก ง. ข้อมูลจากการทดลอง..... 82
ประวัติผู้เขียน..... 112

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 4.1 แสดงสรุปขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ในแต่ละช่วงของการดำเนินงาน..... 14
ตาราง 5.1 สาเหตุการเกิดบัลกิ้งโดยจุลชีพจำพวกเส้นใยที่สภาวะต่าง ๆ กัน..... 24
ตาราง 6.1 แผนการทดลอง..... 32
ตาราง 6.2 แสดงปริมาตรถังแอนแอโรบิกที่ใช้ในการทดลองแต่ละชุด..... 34
ตาราง 6.3 พารามิเตอร์และความถี่ในการวิเคราะห์..... 36
ตาราง 6.4 แสดงปริมาณน้ำตะกอนที่ต้องระบายทิ้งของการทดลองทั้ง 4 ชุด..... 38
ตาราง 7.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่วัดได้ตลอดการทดลองที่ 1..... 44
ตาราง 7.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่วัดได้ตลอดการทดลองที่ 2..... 45
ตาราง 7.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่วัดได้ตลอดการทดลองที่ 3..... 46
ตาราง 7.4 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่วัดได้ตลอดการทดลองที่ 4..... 47
ตาราง 7.5 เวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิกและค่า (F/M)i ของถังแอนแอโรบิก ในการทดลองทั้ง 4 ชุด..... 48
ตาราง 7.6 แสดงค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี..... 50
ตาราง 7.7 แสดงค่า (F/M)i และดัชนีปริมาตรตะกอน ในการทดลองทั้ง 4 ชุด..... 58
ตาราง 7.8 แสดงค่าซีโอดีของตะกอนจุลินทรีย์ในถังแอนแอโรบิกและถังแอโรบิก..... 62
ตาราง 7.9 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน..... 68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
รูปที่ 3.1	กระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์	3
รูปที่ 4.1	แสดงกระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก–แอโรบิก	11
รูปที่ 4.2	แสดงโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบอะดีโนซินฟอสเฟต	12
รูปที่ 4.3	แสดงการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดสะสมฟอสฟอรัสได้มากเป็นพิเศษ	15
รูปที่ 4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารละลาย และฟอสฟอรัส	15
รูปที่ 4.5	แสดงผลของ Fs/M ของระบบและค่า BOD/P ของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว	21
รูปที่ 5.1	แสดงช่วงค่าอายุตะกอนที่สามารถพบจุลชีพจำพวกเส้นใยชนิดต่าง ๆ ได้	23
รูปที่ 5.2	แสดงค่าความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำและ F/M ที่ก่อให้เกิดบัลกิ้งได้	25
รูปที่ 5.3	กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของ *Z.ramigera* และType 021N ที่ค่าความเข้มข้นของอะซิเตดต่าง ๆ กัน	27
รูปที่ 5.4	กลไกการดูดกลืนสารอาหาร (uptake mechanism) ของถังคัดพันธุ์แบบแอโรบิก	29
รูปที่ 5.5	กลไกการดูดกลืนสารอาหาร (uptake mechanism) ของถังคัดพันธุ์แบบแอนอคซิก	30
รูปที่ 5.6	กลไกการดูดกลืนสารอาหาร (uptake mechanism) ของถังคัดพันธุ์แบบแอนแอโรบิก	30
รูปที่ 6.1	ถังแอนแอโรบิก (anaerobic tank) ที่ใช้ในการทดลอง	33
รูปที่ 6.2	ถังแอโรบิก (aerobic tank) ที่ใช้ในการทดลอง	33
รูปที่ 6.3	แสดงแผนผังของกระบวนการที่ใช้ในการทดลอง	35
รูปที่ 7.1	แสดงแนวโน้มของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดลองชุดที่ 1	40
รูปที่ 7.2	แสดงแนวโน้มของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดลองชุดที่ 2	41
รูปที่ 7.3	แสดงแนวโน้มของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดลองชุดที่ 3	42
รูปที่ 7.4	แสดงแนวโน้มของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดลองชุดที่ 4	43
รูปที่ 7.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากักน้ำและค่า F/M ของถังแอนแอโรบิก	49
รูปที่ 7.6	กราฟแสดงค่าซีโอดีละลายที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 1	52
รูปที่ 7.7	กราฟแสดงค่าซีโอดีละลายที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 2	52
รูปที่ 7.8	กราฟแสดงค่าซีโอดีละลายที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 3	53
รูปที่ 7.9	กราฟแสดงค่าซีโอดีละลายที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองชุดที่ 4	53

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

รูปที่ 7.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากักน้ำ การกำจัดซีโอดี และค่า F/Mของถังแอนแอโรบิก 54
รูปที่ 7.11 กราฟแสดงค่า SVI ของการทดลองชุดที่ 1 56
รูปที่ 7.12 กราฟแสดงค่า SVI ของการทดลองชุดที่ 2 56
รูปที่ 7.13 กราฟแสดงค่า SVI ของการทดลองชุดที่ 3 57
รูปที่ 7.14 กราฟแสดงค่า SVI ของการทดลองชุดที่ 4 57
รูปที่ 7.15 แสดงเมือกจุลินทรีย์และคราบจุลินทรีย์ในถังแอนแอโรบิก การทดลองชุดที่ 1 59
รูปที่ 7.16 แสดงเมือกจุลินทรีย์และคราบจุลินทรีย์ในถังแอนแอโรบิก การทดลองชุดที่ 2 59
รูปที่ 7.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า (F/M)iและค่า SVI ของการทดลองทั้ง 4 ชุด 60
รูปที่ 7.18 แสดงลักษณะของเส้นใยในถังแอนแอโรบิก การทดลองชุดที่ 1 กำลังขยาย 200 เท่า 64
รูปที่ 7.19 แสดงลักษณะของเส้นใยในถังแอโรบิก การทดลองชุดที่ 1 กำลังขยาย 400 เท่า 64
รูปที่ 7.20 แสดงลักษณะของเส้นใยในถังแอนแอโรบิก การทดลองชุดที่ 2 กำลังขยาย 200 เท่า 65
รูปที่ 7.21 แสดงลักษณะของเส้นใยในถังแอนแอโรบิก การทดลองชุดที่ 2 กำลังขยาย 400 เท่า 65
รูปที่ 7.22 แสดงลักษณะของเส้นใยในถังแอนแอโรบิก การทดลองชุดที่ 3 กำลังขยาย 400 เท่า 66
รูปที่ 7.23 แสดงลักษณะของเส้นใยในถังแอนแอโรบิก การทดลองชุดที่ 3 กำลังขยาย 1000 เท่า 66
รูปที่ 7.24 แสดงลักษณะของกลุ่มฟล้อค ในถังแอนแอโรบิก การทดลองชุดที่ 4 กำลังขยาย 200 เท่า 67
รูปที่ 7.25 แสดงลักษณะของกลุ่มฟล้อค ในถังแอโรบิก การทดลองชุดที่ 4 กำลังขยาย 200 เท่า 67
รูปที่ 7.26 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากักน้ำ การกำจัดซีโอดี และค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนของถังแอนแอโรบิก 69

คำอธิบายคำย่อ

BOD	:	ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
COD	:	ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (มิลลิกรัมต่อลิตร)
DO	:	ค่าความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
EFF.	:	น้ำที่ไหลออกจากส่วนบนของถังตกตะกอน
F/M	:	ค่าอัตราส่วนปริมาณสารอาหารต่อจุลินทรีย์ (กิโลกรัมซีโอดีต่อกิโลกรัมตะกอนจุลินทรีย์ต่อวัน)
$(F/M)_i$	:	ค่าอัตราส่วนปริมาณสารอาหารต่อจุลินทรีย์ในถังแอนแอโรบิก (กิโลกรัมซีโอดีต่อกิโลกรัมตะกอนจุลินทรีย์ต่อวัน)
HRT	:	เวลากักน้ำ (ชั่วโมง)
INF.	:	น้ำเสียดิบที่เข้าสู่ระบบ
MLSS	:	ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
SCOD	:	ค่าซีโอดีละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
SRT	:	ค่าอายุตะกอนเฉลี่ย (วัน)
SVI	:	ค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน (มล./ก.)
Total–P	:	ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)
τ	:	เวลากักน้ำ (ชั่วโมง)
τ_i	:	เวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิก (ชั่วโมง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย