# การศึกษาค่าจลนพลศาตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในกรุงเทพมหานครและการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง

นางสาวชลธิพร สุทธิธรรม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# STUDY OF KINETIC PARAMETERS OF BANGKOK MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT AND COMPUTER MODELING OF DINDAENG WASTEWATER TREATMENT PLANT

Miss Chontiporn Suttithum

A Thesis Submitted in partial fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491386

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การศึกษาค่าจลนพลศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในกรุงเทพมหานครและการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง |
| โดย | นางสาวชลธิพร สุทธิธรรม |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อาจารย์ ดร.ศรัณย์ เตชะเสน |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.ศรัณย์ เตชะเสน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชัยพร ภู่ประเสริฐ)

ชลธิพร สุทธิธรรม : การศึกษาค่าจลนพลศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในกรุงเทพมหานครและการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง (STUDY OF KINETIC PARAMETERS OF BANGKOK MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT AND COMPUTER MODELING OF DINDAENG WASTEWATER TREATMENT PLANT) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.ศรัณย์ เตชะเสน , 78 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาค่าตัวแปรทางจลนพลศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในประเทศไทยแบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ AQUASIM2.1b ค่าที่ศึกษาได้แก่ ค่ายิลด์ (Growth Yield ; Y) ค่าคงที่อัตราการย่อยสลายจำเพาะสูงสุด (Maximum Specific Growth Rate; $\mu_m$) และค่าคงที่การอิ่มตัว (Half Saturation Coefficient ; $K_s$) ในการทดลองแบบแบตช์โดยใช้น้ำเสียและสลัดจ์จากโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงและน้ำเสียจากบ่อเกรอะจากอาคารสำนักงานสูง 22 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียตั้งแต่ 60 ถึง 200 มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร และความเข้มข้นของจุลชีพเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 100 และ 710 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่าค่ายิลด์มีค่าเท่ากับ 0.43 มิลลิกรัมวีเอสเอส/มิลลิกรัมซีโอดี ($r^2$ = 0.93) ส่วนการหาค่าจลนพลศาสตร์ในการทดลองโดยใช้โปรแกรม AQUASIM2.1b พบว่าค่า $\mu_m$ และ $K_s$ ของการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าเท่ากับ 3.96 มิลลิกรัมวีเอสเอส/มิลลิกรัมซีโอดี-วัน และ 41.34 มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งได้ค่าความผิดพลาดมาตรฐานน้อยกว่าร้อยละ 10 ของความเข้มข้นเริ่มต้น

ในการจำลองระบบบำบัดน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง ข้อมูลที่ป้อนเข้าในโปรแกรม ได้แก่ อัตราการไหล 186,310 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ความเข้มข้นของน้ำเสีย 72.27 มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร ปริมาตรถังเติมอากาศ 71,265 ลูกบาศก์เมตร และความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศ 1,445 มิลลิกรัมวีเอสเอสต่อลิตร โดยใช้ค่าจลนพลศาสตร์ที่ได้จากการทดลองมาจำลองระบบบำบัดน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง พบว่าค่าซีโอดีของน้ำทิ้งควรมีค่าประมาณ 0.61 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่วัดได้จริงจากโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงในปัจจุบันมาก (ประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร) สาเหตุที่เกิดขึ้นอาจมาจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ช้าหลุดออกไปกับน้ำทิ้ง

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต.....ชลธิพร สุทธิธรรม.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2549.....

## 4770624921 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD: KINETIC PARAMETERS / ACTIVATED SLUDGE MODEL (ASM) / DOMESTIC WASTEWATER: CHONTIPORN SUTTHITHUM : STUDY OF KINETIC PARAMETERS OF BANGKOK MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT AND COMPUTER MODELING OF DINDAENG WASTEWATER TREATMENT PLANT.

THESIS ADVISOR: SARUN TEJASEN, Ph.D., 78 pp.

This research studied kinetic parameters of activated sludge process treating municipal wastewater in Thailand using a computer program, AQUASIM2.1b. Parameters included growth yield (Y), maximum specific degradation rate ($\mu_m$), and half saturation Coefficient ($K_s$). Experiments were performed with batch reactor using raw wastewater and sludge from Dindaeng wastewater treatment plant and wastewater from 22-story office building in the faculty of Engineering, Chulalongkon university.

The initial COD concentrations in this experiment were 60 - 200 mg-COD/L and initial sludge concentrations were 100 and 710 mg-MLVSS/L. Results showed that the growth yield (Y) was 0.43 mg-VSS/mg-COD ($r^2$ = 0.93). Determination of kinetic parameters using program AQUASIM2.1b found that $\mu_m$ and $K_s$ of organics degradation were 3.96 mg-VSS/mg-COD-day and 41.34 mg-COD/L, respectively. The Standrad Errors of Estimate (SEE) were less than 10% of initial concentration.

In the simulation of wastewater treatment system in Dindaeng wastewater treatment plant, parameters input were flow rate of 186,310 $m^3$/d, wastewater concentration of 72.27 mg-COD/L, aeration tank volume of 71,265 $m^3$, and MLVSS of 1,445 mg/L. By using kinetic parameters from experiments to simulate wastewater treatment system found that effluent COD should be about 0.61 mg/l, which is much lower than real effluent COD (15 mg/l). The results suggested that the effluent COD might come from slowly degradable organics.

Department.....Environmental Engineering... Student's Signature Chontiporn Sutthithum

Field of study...Environmental Engineering... Advisor's Signature.....

Academic year.....2006.....

# กิตติกรรมประกาศ

คุณงามความดีที่ได้จากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้แก่บิดามารดา และทุก ๆ คนในครอบครัว ที่อบรมเลี้ยงดู ให้การศึกษามาตั้งแต่เยาว์วัย ให้ความรักที่ยิ่งใหญ่และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดในระหว่างการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอดจนเสร็จสมบูรณ์ในที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ศรัณย์ เตชะเสน เป็นอย่างสูง ที่เมตตาและให้โอกาสแก่ผู้วิจัยในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ยังให้ความกรุณาถ่ายทอดวิชาความรู้ในด้านต่าง ๆ รวมทั้งให้แง่คิดในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและแนะนำให้คำปรึกษาในงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์ และ อาจารย์ ดร.ชัยพร ภู่ประเสริฐ ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ เพื่อการแก้ไขและปรับปรุง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากที่สุด และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทถ่ายทอดความรู้ทางวิชาการให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์จันทรวรรณ ตันเจริญ คุณจิรายุและคุณอนันต์ เป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณคุณณัฐนารถ ประสมศรี และคุณสุรวิทย์ ที่คอยช่วยหาข้อมูลของโรงบำบัดน้ำเสียและให้คำแนะนำรวมถึงเจ้าหน้าที่ทางห้องปฏิบัติการของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงที่ช่วยเก็บน้ำตอนกลางคืนไว้ให้เพื่อมาใช้ในการวิเคราะห์ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่มอบทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน

ท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษาและเป็นกำลังใจที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พี่เอก ที่คอยให้คำปรึกษาทุกเรื่องระหว่างการทำวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบเพื่อนชาวเกษตรศาสตร์ที่คอยรับฟังปัญหาให้กำลังใจและเอาใจช่วยให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 น้ำเสียชุมชน ..... 4

2.1.1 แหล่งที่มา ..... 4

2.2.2 ลักษณะของน้ำเสียชุมชน..... 4

2.2.3 ปริมาณน้ำเสียชุมชน..... 5

2.2.4 มาตรฐานน้ำทิ้ง..... 7

2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง..... 8

2.2.1 พื้นที่ที่ครอบคลุม จำนวนประชากร และปริมาณน้ำเสีย..... 8

2.2.2 องค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง..... 9

2.2.3 กลไกของกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพในถังเลี้ยงตะกอน..... 12

2.2.4 ค่าของอายุตะกอนที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง..... 14

2.3 สมการปริมาณสัมพันธ์สำหรับการเติบโตของจุลชีพที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนทางชีวภาพ..... 14

2.3.1 สมการปริมาณสัมพันธ์ของเฮเทอโรโทรป..... 15

2.3.2 สมการปริมาณสัมพันธ์ของออโตโทรป..... 16

2.3.1 สมการปริมาณสัมพันธ์ของดีไนตริไฟเออร์ ..... 17

2.4 การใช้แบบจำลอง AQUASIM 2.1b สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ..... 18

2.4.1 ชนิดของตัวแปร..... 18

หน้า

2.4.2 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสีย..... 18
2.4.3 สมการที่ใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย..... 23
2.5 การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย..... 25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 29
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย..... 29
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย..... 29
3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย..... 29
3.2 การวางแผนการทดลองโดยใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์AQUASIM 2.1b..... 30
3.3 การดำเนินการทดลอง..... 35
3.3.1 วิธีเพิ่มความเข้มข้นของจุลชีพให้มีความเข้มข้นสูง..... 37
3.3.2 ศึกษาผลกระทบของแอมโมเนียต่อการวัดค่าซีโอดี..... 37
3.3.3 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตและค่าตัวแปรทางจลนพลศาสตร์ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบแอโรบิก..... 38
3.3.4 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย..... 40
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์..... 41
4.1 ลักษณะน้ำเสียของอาคารเจริญวิศวกรรมและโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง..... 41
4.2 ผลการศึกษาผลกระทบของแอมโมเนียต่อการวัดค่าซีโอดี..... 45
4.3 ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตหรือค่าขีลด์ (Y) ในการย่อยสลายแบบแอโรบิก..... 46
4.4 ผลการศึกษาค่าตัวแปรทางจลนพลศาสตร์ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบแอโรบิกโดยใช้จุลชีพที่มีความเข้มข้นต่ำ..... 47
4.5 ผลการศึกษาค่าตัวแปรทางจลนพลศาสตร์ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบแอโรบิกโดยใช้จุลชีพที่มีความเข้มข้นสูง..... 50
4.6 การทดสอบความถูกต้องผลกระทบของค่า $\mu_m$ และค่า $K_S$ ต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ 55
4.7 ผลจากการนำค่าตัวแปรที่ได้จากการทดลองจำลองระบบบำบัดน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง..... 58
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 61
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 61
5.2 ความสำคัญทางด้านวิศวกรรมและการนำไปใช้..... 61
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 62
รายการอ้างอิง..... 63

หน้า

ภาคผนวก..... 65

ภาคผนวก ก ผลกระทบของค่า $\mu_m$ และค่า $K_S$ ต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์..... 66

ภาคผนวก ข รูปเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย..... 75

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 78

# สารบัญตาราง


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ตารางที่ 2.1 | ข้อมูลลักษณะน้ำเสียจากแหล่งชุมชน..... | 5 |
| ตารางที่ 2.2 | อัตราการเกิดน้ำเสียต่อผู้ใช้น้ำประเภทต่างๆในประเทศสหรัฐอเมริกา..... | 6 |
| ตารางที่ 2.3 | อัตราการเกิดน้ำเสียต่อผู้ใช้น้ำประเภทต่างๆในประเทศไทย..... | 6 |
| ตารางที่ 2.4 | มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก..... | 7 |
| ตารางที่ 2.5 | ลักษณะน้ำเสียก่อนเข้าโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง..... | 9 |
| ตารางที่ 2.6 | สมการสำหรับกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นภายในระบบบำบัดเสีย..... | 19 |
| ตารางที่ 2.7 | ค่าตัวแปรในแบบจำลองที่ pH เป็นกลางที่ 20°C..... | 22 |
| ตารางที่ 3.1 | ค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในแบบจำลองคอมพิวเตอร์ AQUASIM 2.1b เพื่อประมาณค่าความเข้มข้นของน้ำเสียและปริมาณเซลล์ที่ระยะเวลาต่างๆในการทดลอง..... | 31 |
| ตารางที่ 3.2 | จุดเก็บตัวอย่างที่วิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆและวิธีรักษาสภาพตัวอย่างน้ำเสีย..... | 37 |
| ตารางที่ 3.3 | ความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำเสียและความเข้มข้นของจุลชีพที่ใช้ในการทดลอง..... | 38 |
| ตารางที่ 3.4 | วิธีการวิเคราะห์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ..... | 40 |
| ตารางที่ 4.1 | ลักษณะน้ำเสียของอาคารเจริญวิศวกรรมและโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง..... | 41 |
| ตารางที่ 4.2 | ผลจากการประมาณค่าตัวแปรทางจนพลศาสตร์ของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียแบบใช้อากาศโดยใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของจุลชีพต่ำ..... | 50 |
| ตารางที่ 4.3 | ผลจากการประมาณค่าตัวแปรทางจนพลศาสตร์ของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียแบบใช้อากาศโดยใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของจุลชีพสูง..... | 53 |
| ตารางที่ 4.4 | เปรียบเทียบค่าตัวแปรทางจลนพลศาสตร์ที่ได้จากการทดลองกับงานวิจัยที่ผ่านมาของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน..... | 54 |
| ตารางที่ 4.5 | ขอบเขตของค่าตัวแปรทางจลนพลศาสตร์ของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย..... | 55 |
| ตารางที่ 4.6 | ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองระบบบำบัดน้ำเสียดินแดง..... | 59 |
| ตารางที่ 4.7 | ผลจากการนำค่าตัวแปรจลนพลศาสตร์ที่ได้จากการทดลองมาจำลองระบบบำบัดน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง..... | 60 |

# สารบัญรูป


| | | หน้า |
|---|---|---|
| รูปที่ 2.1 | พื้นที่ที่ครอบคลุมในการบำบัดน้ำเสียโดยโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง..... | 8 |
| รูปที่ 2.2 | แผนผังของระบบบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง..... | 10 |
| รูปที่ 2.3 | ปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้และเอ็มแอลวีเอสเอสที่เพิ่มขึ้นต่อความเข้มข้นของน้ำเสียที่หายไปโดยจุลชีพกลุ่มเฮเทอโรโทรป..... | 15 |
| รูปที่ 2.4 | ปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้และเอ็มแอลวีเอสเอสที่เพิ่มขึ้นต่อความเข้มข้นของแอมโมเนียที่หายไปโดยจุลชีพกลุ่มออโตโทรป..... | 16 |
| รูปที่ 2.5 | ปริมาณไนเตรทที่ถูกใช้และเอ็มแอลวีเอสเอสที่เพิ่มขึ้นต่อความเข้มข้นของน้ำเสียที่หายไปโดยจุลชีพกลุ่มเฮเทอโรโทรป..... | 17 |
| รูปที่ 3.1 | ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย..... | 33 |
| รูปที่ 3.2 | การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นจุลชีพในน้ำเสียกับระยะเวลาการทดลอง..... | 33 |
| รูปที่ 3.3 | ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย..... | 34 |
| รูปที่ 3.4 | การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นจุลชีพในน้ำเสียกับระยะเวลาการทดลอง..... | 34 |
| รูปที่ 3.5 | จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดง..... | 36 |
| รูปที่ 3.6 | แผนภาพขั้นตอนแสดงการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตและค่าตัวแปรทางจลนพลศาสตร์ของจุลชีพที่ความเข้มข้นต่ำและสูง..... | 39 |
| รูปที่ 4.1 | ซีโอดีที่เข้าโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงเดือน พ.ย.48 - ส.ค.49..... | 42 |
| รูปที่ 4.2 | ของแข็งแขวนลอยที่เข้าโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงเดือน พ.ย. 48 - ส.ค.49..... | 42 |
| รูปที่ 4.3 | ทีเคเอ็นที่เข้าโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงเดือน พ.ย. 48-ส.ค.49..... | 43 |
| รูปที่ 4.4 | ซีโอดีที่ออกจากโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงเดือน พ.ย.48 - ส.ค.49..... | 43 |
| รูปที่ 4.5 | ของแข็งแขวนลอยที่ออกจากโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงเดือน พ.ย. 48-ส.ค.49..... | 44 |
| รูปที่ 4.6 | ทีเคเอ็นที่ออกจากโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงเดือน พ.ย. 48-ส.ค.49..... | 44 |
| รูปที่ 4.7 | ค่าซีโอดีของชุดทดสอบหลังจากทำการทดลอง..... | 45 |
| รูปที่ 4.8 | ผลกระทบของแอมโมเนียต่อการวัดค่าซีโอดี..... | 46 |
| รูปที่ 4.9 | ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีที่หายไปและเอ็มแอลวีเอวเอสที่เพิ่มขึ้น..... | 47 |
| รูปที่ 4.10 | การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียบ่อเกรอะอาคารเจริญวิศวกรรมที่มีความเข้มข้น 200 mg/l..... | 48 |
| รูปที่ 4.11 | การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียบ่อเกรอะอาคารเจริญวิศวกรรมและโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงที่มีความเข้มข้น 100 mg/l ..... | 48 |
| รูปที่ 4.12 | การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงที่มีความเข้มข้น 60 mg/l.. | 49 |

หน้า

รูปที่ 4.13 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียบ่อเกรอะอาคารเจริญวิศวกรรมที่มีความเข้มข้น 60 mg/l..... 49
รูปที่ 4.14 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียบ่อเกรอะอาคารเจริญวิศวกรรมที่มีความเข้มข้น 200 mg/l ความเข้มข้นจุลชีพเริ่มต้น 710 mg/l..... 51
รูปที่ 4.15 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียบ่อเกรอะอาคารเจริญวิศวกรรมและโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงที่มีความเข้มข้น 100 mg/l ความเข้มข้นจุลชีพเริ่มต้น 710 mg/l..... 51
รูปที่ 4.16 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียดินแดงที่มีความเข้มข้น 60 mg/l ความเข้มข้นจุลชีพเริ่มต้น 710 mg/l..... 52
รูปที่ 4.17 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียบ่อเกรอะอาคารเจริญวิศวกรรมที่มีความเข้มข้น 60 mg/l ความเข้มข้นจุลชีพเริ่มต้น 710 mg/l..... 52
รูปที่ 4.18 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่า $\mu_m$ ต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย..... 56
รูปที่ 4.19 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่า $K_S$ ต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย..... 56
รูปที่ 4.20 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่า $\mu_m$ ต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย..... 57
รูปที่ 4.21 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่า $K_S$ ต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย..... 57
รูปที่ 4.22 แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย..... 59