# การกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียด้วยระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์และแอเรตเต็ดลากูน

นายสุรชัย ใหญ่ส่วาง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530

ISBN 974-568-263-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

013082
i 10295491

# Nitrogen Removal by Activated Sludge System and Aerated Lagoon

Mr. Surachai Yaisawang

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 974-568-263-2

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียด้วยระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์และแอเรตเต็ดลากูน |
| โดย | นายสุรชัย ใหญ่สว่าง |
| ภาควิชา | วิศวกรรมสุขาภิบาล |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ |

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัต)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร)

สุรชัย ใหญ่ล่วาง : การกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียด้วยระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์และแอเรตเต็ดลากูน (NITROGEN REMOVAL BY ACTIVATED SLUDGE SYSTEM AND AERATED LAGOON) : รศ.ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ , 127 หน้า.

จากการทดลองกำจัดไนโตรเจน ( TKN ) ในน้ำเสียสิ่งปฏิกูลที่ผ่านการตกตะกอนมาแล้วนั้น ด้วยระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ และระบบแอเรตเต็ดลากูน ภายใต้การควบคุมอายุตะกอน ( SRT) ที่ 5 10 15 และ 20 วัน และระยะเวลากักน้ำ ( HRT ) 3 5 และ 10 วัน ตามลำดับ พบว่าทั้งอายุตะกอนและระยะเวลากักน้ำจะต้องสูงกว่า 10 วัน ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจึงจะสามารถเกิดขึ้นได้ แต่ทั้งนี้ระดับพีเอชและออกซิเจนละลายก็จะต้องมีค่าสูงเพียงพอด้วย สภาพความเป็นด่างในน้ำเสียสิ่งปฏิกูลมีค่าต่ำกว่าระดับที่ต้องการมากจึงเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อเพิ่มสภาพความเป็นด่างให้มีปริมาณที่มากเกินพอโดยส่วนหนึ่งใช้ไปในปฏิกิริยา อีกส่วนหนึ่งทำหน้าที่ควบคุมพีเอชไม่ให้ลดต่ำลงจนปฏิกิริยาเกิดขึ้นไม่ได้

ในการกำจัดไนโตรเจนด้วยระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์และระบบแอเรตเต็ดลากูน ระบบทั้งสองมีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนเท่าเทียมกัน ยกตัวอย่างเช่น ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์สามารถกำจัด TKN จากความเข้มข้นประมาณ 300 มก./ล. ให้เหลือความเข้มข้นน้อยกว่า 1 มก./ล. ในขณะควบคุม SRT ให้มีค่ามากกว่า 10 วัน

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงระดับตะกอนที่มีอยู่ในน้ำทิ้งด้วยแล้วระบบแอเรตเต็ดลากูนมีตะกอนแขวนลอยสูงกว่าระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์และมีค่าเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมในการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียด้วยระบบทั้งสองก่อนที่จะระบายน้ำทิ้งลงสู่สาธารณะจึงพบว่า ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์มีความเหมาะสมในการกำจัดไนโตรเจนมากกว่า และสามารถระบายน้ำทิ้งลงสู่สาธารณะได้ทันที

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

SURACHAI YAISAWANG : NITROGEN REMOVAL BY ACTIVATED SLUDGE SYSTEM AND AERATED LAGOON. THESIS ADVISER : ASSO. PROF. MUNSIN TUNTOOLAVEST ,Ph.D. 127 PP.

In this experimentation , the removal of TKN in the clarified septage was tested by using an activated sludge system and an aerated lagoon system. The activated sludge system had been experimentally operated at SRT of 5, 10, 15 and 20 days while the aerated lagoon system had been operated at HRT of 3, 5, and 10 days. It was found that nitrification could effectively occur at either SRT and HRT of 10 days or more for the activated sludge and the aerated lagoon respectively. At the same time , the pH and DO concentration in both system should be maintained at sufficient high levels. The importance of the alkalinity in the water had been also realized since the nitrification reaction usually consumed tremendous amount of alkalinity. In this case , sodium bicarbonate was added into both systems to supplement for the insufficient alkalinity found in the clarified septage. If no external alkali was added , the pH of the reactors would be markedly decreased and dropped to the level of less than 6

It was also revealed that both activated sludge and aerated lagoon could effectively remove TKN. For example , the TKN concentration could be removed from about 300 or more to less than 1 mg/l. by the activated sludge system operated at the SRT of 10 days or more.

However , the final effluent from the aerated lagoon contained much higher SS concentration than the effluent from the activated sludge system. When considering the final effluent quality goals to meet the Thai effluent standard , the activated sludge system was more appropriate than the aerated lagoon system since the former produced much clearer effluent than the latter.

ภาควิชา .....วิศวกรรมสุขาภิบาล.....
สาขาวิชา .....วิศวกรรมสุขาภิบาล.....
ปีการศึกษา .....2530

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วีรวรรณ ปัทมาภิรัต และ รองศาสตราจารย์สุรี ขาวเธียร ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดจนให้คำปรึกษาในด้านการวิเคราะห์น้ำเสียอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณ คุณสุนทรี นิลกานุวงศ์ และคุณสุรสิทธิ์ อินทรประชา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการวิจัยเป็นอย่างดี และเนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเพื่อศึกษาความเหมาะสมของระบบกำจัดสิ่งปฏิกูลหนองแขม ซึ่งกรุงเทพมหานครได้ให้คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการศึกษาวิจัย จึงขอขอบคุณกรุงเทพมหานครในความอนุเคราะห์ต่างๆโดยเฉพาะอย่างยิ่งทุนอุดหนุนการวิจัย และเจ้าหน้าที่ที่จัดหาสิ่งปฏิกูลมาให้ใช้ในการทดลอง มา ณ.ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอมอบคุณค่าของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งได้ส่งเสริมการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด จนบรรลุเป้าหมายที่วางไว้

สารบัญเรื่อง


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญเรื่อง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฐ

สารบัญตาราง ..... ณ

บทที่ 1. บทนำ ..... 1

1.1 คำนำ ..... 1

1.2 วัฏจักรของไนโตรเจน ..... 2

1.3 ผลเสียต่อสภาพสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจน ..... 2

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย ..... 6

2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 6

2.2 ขอบเขตของการวิจัย ..... 6

3. ทฤษฎี ..... 7

3.1 การกำจัดไนโตรเจนด้วยวิธีชีวเคมี ..... 7

3.1.1 การกำจัดแอมโมเนียด้วยวิธีชีวสังเคราะห์ ..... 7

3.1.2 การกำจัดแอมโมเนียด้วยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ..... 8

3.2 สตอยชิโอเมตริก และ จลน์ศาสตร์ของไนตริฟิเคชัน ..... 8

3.2.1 สตอยชิโอเมตริกของไนตริฟิเคชัน ..... 8

3.2.2 จลน์ศาสตร์ของไนตริฟิเคชัน ..... 11

4. การวางแผนการวิจัย ..... 20

4.1 แผนการทดลอง ..... 29

4.1.1 ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ..... 29

4.1.2 ระบบแอเรตเต็ดลากูน ..... 30

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

หน้า

4.2 การเตรียมน้ำเสียสิ่งปฏิกูล ..... 31
4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ..... 32
4.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำต่างๆ ..... 38
5. ผลการทดลอง ..... 43
5.1 ผลการทดลองระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ
5 10 15 และ 20 วัน ..... 43
5.1.1 ระดับของดีโอ พีเอช อุณหภูมิ และ
สภาพความเป็นด่าง ..... 43
5.1.2 ความเข้มข้นซีโอดี และ ตะกอนแขวนลอย ..... 43
5.1.3 ความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปต่างๆ ..... 56
5.2 ผลการทดลองระบบแอเรตเต็ดลากูน เมื่อควบคุม HRT เท่ากับ
3 5 และ 10 วัน ..... 62
5.2.1 ระดับของดีโอ พีเอช อุณหภูมิ และ
สภาพความเป็นด่าง ..... 64
5.2.2 ความเข้มข้นซีโอดี และ ตะกอนแขวนลอย ..... 67
5.2.3 ความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปต่างๆ ..... 73
6. การวิจารณ์ผลการทดลอง ..... 79
6.1 อิทธิพลที่มีผลกระทบต่อการกำจัดไนโตรเจน ( TKN ) ..... 79
6.1.1 อิทธิพลของ SRT และ HRT ..... 79
6.1.2 อิทธิพลของสภาพความเป็นด่าง และ ระดับพีเอช ..... 82
6.1.3 อิทธิพลของออกซิเจนละลาย และ อุณหภูมิ ..... 86
6.2 สมดุลย์ของไนโตรเจน ในระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ และ
ระบบแอเรตเต็ดลากูน ..... 86
6.3 การวิเคราะห์ทางจลนศาสตร์ ..... 90
6.3.1 การวิเคราะห์ค่า $Y_g$ และ $k_d$ ..... 91

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

หน้า

6.3.2 การวิเคราะห์ค่า $K_s$ และ $q_{max}$ ..... 92

6.3.3 การวิเคราะห์ค่า $\mu_{max}$ ..... 94

6.3.4 การเปรียบเทียบค่าคงที่ทางจลนศาสตร์ที่ได้จากการทดลอง กับค่าคงที่ทางจลนศาสตร์ จากผลงานวิจัยที่ผ่านมา ..... 96

6.4 ความแตกต่างของประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจน ( TKN ) และประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดี ..... 98

7. สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ ..... 100

7.1 สรุปผลการทดลอง ..... 100

7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต ..... 101

เอกสารอ้างอิง ..... 103

ภาคผนวก ..... 109

ประวัติผู้เขียน ..... 127

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | วัฏจักรของไนโตรเจน | 3 |
| 3.1 | แสดงการเจริญเติบโตสูงสุดของไนตริฟายเออร์ที่อุณหภูมิต่างๆ | 16 |
| 3.2 | แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าคงที่อิ่มตัว ( $K_s$ ) ของไนตริฟายเออร์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ | 16 |
| 3.3 | แสดงการเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ในระบบ Attached growth และ Suspended growth | 18 |
| 3.4 | แสดงผลของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน | 19 |
| 3.5 | แสดงผลของออกซิเจนละลาย ( DO ) ต่อปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน | 23 |
| 3.6 | แสดงระดับของพีเอชต่อการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน | 25 |
| 4.1 | แสดงรายละเอียดและการติดตั้งระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ | 34 |
| 4.2 | แสดงรายละเอียดและการติดตั้งระบบแอเรตเต็ดลากูน | 35 |
| 4.3 | ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ที่ใช้ในการทดลองกำจัดสิ่งปฏิกูล | 36 |
| 4.4 | แสดงรูปร่าง ขนาด ของถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ | 37 |
| 4.5 | ระบบแอเรตเต็ดลากูนที่ใช้ในการทดลองกำจัดสิ่งปฏิกูล | 39 |
| 4.6 | แสดงรูปร่าง และ ขนาด ของถังเติมอากาศ ระบบแอเรตเต็ดลากูน | 40 |
| 5.1 | แสดงระดับของดีโอ พีเอช และอุณหภูมิ ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 10 วัน | 44 |
| 5.2 | แสดงระดับของดีโอ พีเอช และอุณหภูมิ ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 20 วัน | 46 |
| 5.3 | แสดงระดับของดีโอ พีเอช อุณหภูมิ และ สภาพความเป็นด่าง ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 5 วัน | 48 |
| 5.4 | แสดงระดับของดีโอ พีเอช อุณหภูมิ และ สภาพความเป็นด่าง ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 15 วัน | 50 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

5.5 แสดงความเข้มข้นบีโอดี และ ตะกอนแขวนลอย ( MLSS )
ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 10 วัน ..... 52

5.6 แสดงความเข้มข้นบีโอดี และ ตะกอนแขวนลอย ( MLSS )
ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 20 วัน ..... 54

5.7 แสดงความเข้มข้นบีโอดี และ ตะกอนแขวนลอย ( MLSS )
ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 5 วัน ..... 55

5.8 แสดงความเข้มข้นบีโอดี และ ตะกอนแขวนลอย ( MLSS )
ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 15 วัน ..... 57

5.9 แสดงความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปต่างๆ ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์
เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 10 วัน ..... 59

5.10 แสดงความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปต่างๆ ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์
เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 20 วัน ..... 60

5.11 แสดงความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปต่างๆ ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์
เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 5 วัน ..... 61

5.12 แสดงความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปต่างๆ ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์
เมื่อควบคุม SRT เท่ากับ 15 วัน ..... 63

5.13 แสดงระดับของดีโอ พีเอช อุณหภูมิ และ สภาพความเป็นด่าง
ระบบแอเรตเต็ดลากูน เมื่อควบคุม HRT เท่ากับ 10 วัน ..... 65

5.14 แสดงระดับของดีโอ พีเอช อุณหภูมิ และ สภาพความเป็นด่าง
ระบบแอเรตเต็ดลากูน เมื่อควบคุม HRT เท่ากับ 5 วัน ..... 66

5.15 แสดงระดับของดีโอ พีเอช อุณหภูมิ และ สภาพความเป็นด่าง
ระบบแอเรตเต็ดลากูน เมื่อควบคุม HRT เท่ากับ 3 วัน ..... 68

5.16 แสดงความเข้มข้นบีโอดี และ ตะกอนแขวนลอย (MLSS )
ระบบแอเรตเต็ดลากูน เมื่อควบคุม HRT เท่ากับ 10 วัน ..... 70

5.17 แสดงความเข้มข้นบีโอดี และ ตะกอนแขวนลอย (MLSS )
ระบบแอเรตเต็ดลากูน เมื่อควบคุม HRT เท่ากับ 5 วัน ..... 71

สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 5.18 | แสดงความเข้มข้นซีโอดี และ ตะกอนแขวนลอย ( MLSS ) ระบบแอเรตเต็ดลากูน เมื่อควบคุม HRT เท่ากับ 3 วัน ..... | 72 |
| 5.19 | แสดงความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปต่างๆ ระบบแอเรตเต็ดลากูน เมื่อควบคุม HRT เท่ากับ 10 วัน ..... | 74 |
| 5.20 | แสดงความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปต่างๆ ระบบแอเรตเต็ดลากูน เมื่อควบคุม HRT เท่ากับ 5 วัน ..... | 75 |
| 5.21 | แสดงความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปต่างๆ ระบบแอเรตเต็ดลากูน เมื่อควบคุม HRT เท่ากับ 3 วัน ..... | 77 |
| 6.1 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง SRT กับประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนในระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ ..... | 81 |
| 6.2 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง HRT กับ ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนในระบบแอเรตเต็ดลากูน ..... | 81 |
| 6.3 | แสดงความสัมพันธ์ทางเส้นตรงระหว่าง q กับ $1/\theta_c$ ด้วย Least Square Method โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการควบคุม SRT เท่ากับ 10 15 และ 20 วัน ในระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ ..... | 93 |
| 6.4 | แสดงความสัมพันธ์ทางเส้นตรงระหว่าง 1/q และ 1/S ด้วย Least Square Method โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการควบคุม SRT เท่ากับ 5 10 15 และ 20 วัน ในระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ ..... | 95 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.1 | ค่าคงที่ทางจลน์ศาสตร์ของแบคทีเรียในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ..... | 13 |
| 3.2 | สารอินทรีย์ต่างๆ ที่ชลอการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ในระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ ..... | 28 |
| 4.1 | การเปลี่ยนแปลง Solids Retention Time โดยการเปลี่ยน อัตราการระบายตะกอนออกจากถังเติมอากาศ ..... | 29 |
| 4.2 | การเปลี่ยนแปลง Hydraulic Retention Time โดยการเปลี่ยน อัตราการป้อนน้ำเสีย ..... | 30 |
| 4.3 | แผนการเก็บตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์น้ำเสียสิ่งปฏิกูล ..... | 42 |
| 6.1 | แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของไนโตรเจน ( TKN ) และ สภาพความเป็นด่าง ( Alkalinity )ที่ใช้ไปในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ในระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ ..... | 83 |
| 6.2 | แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของไนโตรเจน ( TKN ) และ สภาพความเป็นด่าง ( Alkalinity ) ที่ใช้ไปในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ในระบบแอเรตเต็ดลากูน ..... | 84 |
| 6.3 | สมดุลย์ไนโตรเจน ในระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ ..... | 87 |
| 6.4 | สมดุลย์ไนโตรเจน ในระบบแอเรตเต็ดลากูน ..... | 88 |
| 6.5 | แสดงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าคงที่ทางจลน์ศาสตร์ ในระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ ..... | 91 |
| 6.6 | แสดงการเปรียบเทียบค่าคงที่ทางจลน์ศาสตร์ที่ได้จากการทดลอง กับการรายงานของ Sharma และ Ahler ..... | 97 |
| 6.7 | แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจน ( TKN ) กับประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี ..... | 99 |