การศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งจากชุมชนโดยวิธีคอนแทคสเตบิไลเซชั่น

นายราเมศวร์ ปทุมาสูตร

004111

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2524

i 17121425

A STUDY OF DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT BY CONTACT STABILIZATION PROCESS

MR. RAMATE PATOOMASUT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งจากชุมชนโดยวิธีคอนแทคสเตบิไลเซชั่น
โดย	นายราเมศวร์ ปทุมาสูตร
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต)

..... กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษา)
(รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัต)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งจากชุมชนโดยวิธีคอนแทคสเตบิไลเซชั่น

ชื่อ นายราเมศวร์ ปทุมาสูตร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัต

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2524

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีกำจัดน้ำทิ้งจากชุมชนโดยขบวนการคอนแทคสเตบิไลเซชั่น ทำการทดลองโดยใช้เครื่องมือขนาดห้องปฏิบัติการชนิดน้ำทิ้งไหลต่อเนื่อง ทำการทดลองภายใต้อุณหภูมิภูมิอากาศ ตัวแปรที่ใช้ควบคุมในการทดลองนี้คือ อายุตะกอนจุลินทรีย์และเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทค ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1 อายุตะกอนจุลินทรีย์ที่เหมาะสมใช้ในการควบคุมระบบกำจัดคือ 5-20 วัน

2 ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคควรจะไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

3 อัตราการใช้สารอาหารต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 0.2-0.8 กิโลกรัม COD ต่อกิโลกรัม MLVSS

4 สัมประสิทธิการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เท่ากับ 0.312 กิโลกรัม MLVSS ต่อกิโลกรัม COD และมีอัตราการตาย 0.032 $(วัน)^{-1}$

5 อัตราสูงสุดของสารอาหารที่ถูกใช้ไปต่อปริมาณจุลินทรีย์ในถังคอนแทคเท่ากับ 35.384 $(วัน)^{-1}$ และของระบบทั้งหมดเท่ากับ 10.549 $(วัน)^{-1}$

6 ประสิทธิภาพของระบบกำจัดจะลดลงเล็กน้อยตามการลดลงของอายุตะกอนจุลินทรีย์และระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทค

7 อัตราการใช้สารอาหาร COD : N : P เท่ากับ 100 : 11.62 : 0.60

8 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งในรูปของ COD สูงสุด 90 เปอร์เซนต์ เมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 20 วัน และต่ำสุด 79 เปอร์เซนต์ เมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 2.5 วัน

Thesis Title	A Study of Domestic Wastewater Treatment by Contact Stabilization Process
Name	Mr. Ramate Patoomasut
Thesis Advisor	Associate Professor Weerawan Pattamapirat
Department	Sanitary Engineering
Academic Year	1981

ABSTRACT

A study of domestic wastewater treatment by contact stabilization process was experimented by continuous flow laboratory scales unit. The experiment was studied under atmospheric temperature. The variable parameters controlled the experiment are sludge age and contact time. The results of this experiment are :-

1 The suitable sludge age to control the process is 5 - 20 days.

2 The detention time in the contact tank should not be less than 1 hour

3 The substrate utilization rate by microorganisms is between 0.2 - 0.8 kilogram COD per kilogram MLVSS

4 The growth-yield coefficient of microorganisms is 0.312 kilogram MLVSS per kilogram COD and the microorganism-decaying coefficient is 0.032 day^{-1}

5 The maximum rate of waste utilization per unit weight of

microorganisms in contact tank is 35.384 day^{-1} and 10.549 day^{-1} for the whole system.

6 The efficiency of the system slowly decreased along with the decrease of sludge age and contact time.

7 The ratio of substrate to nutrients; COD : N : P is 100 : 11.62 : 0.6 .

8 The maximum efficiency of COD removal is 90 % when the sludge age is 20 days. While the minimum efficiency of COD removal is 79 % when the sludge age is 2.5 days.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทดลองขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัต อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัยอย่างสูง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำและแนวความคิดทางด้านการทดลองเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณกุศล ชุมพลรัตน์และเจ้าหน้าที่ประปาการท่าอากาศยานดอนเมืองที่ได้ให้คำแนะนำและสร้างปั๊มรีดสายยางให้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ตึกโคลอมโบที่ได้ให้คำแนะนำทางด้านเครื่องกลและไฟฟ้าในการสร้างอุปกรณ์ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่การเคหะแห่งชาติที่อำนวยความสดวกในการเก็บน้ำทิ้งจากชุมชนห้วยขวาง

และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสุขาภิบาลที่ได้ช่วยอำนวยความสดวกในการทดลองเป็นอย่างดี

คุณค่าความดีของวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบให้บุพการีซึ่งได้ส่งเสริมการศึกษาของผู้ทดลองมาโดยตลอด

คำย่อ

ก.	กรัม
ก.ก.	กิโลกรัม
ลบ.ม.	ลูกบาศก์เมตร
ซีโอดี	COD (CHEMICAL OXYGEN DEMAND)
บีโอดี	BOD (BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND)
a_i	ค่าคงที่ (1,2,3,.....i)
c	ถังคอนแทค
C	ORGANIC LOADING
CS	สารอาหารในรูปละลายน้ำคิดเฉพาะถังคอนแทค
CT	สารอาหารทั้งหมดคิดเฉพาะถังคอนแทค
e	น้ำทิ้งออกจากระบบกำจัด
i	น้ำทิ้งเข้าระบบกำจัด
is	น้ำทิ้งเข้าระบบกำจัดเฉพาะส่วนที่ละลายน้ำ
k	อัตราความเร็วของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งหมด
k_d	สัมประสิทธิการตายของจุลินทรีย์
K_o	อัตราเร็วสูงสุดของสารอาหารในน้ำทิ้งที่ถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์
K_s	ความเข้มข้นของสารอาหารเมื่ออัตราการใช้สารอาหารเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราเร็วสูงสุด
M	มวลของจุลินทรีย์
MLSS	MIXED LIQUOR SUSPENDFD SOLIDS
MLVSS	MIXED LIQUOR VOLATILE SUSPENDED SOLIDS
Q	อัตราการไหลของน้ำทิ้ง
Q_w	อัตราการไหลของตะกอนจุลินทรีย์ที่ทิ้งออกจากระบบกำจัด
P	อัตราส่วนตะกอนจุลินทรีย์หมุนเวียน
r	ตะกอนจุลินทรีย์หมุนเวียน
S	สารอาหารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำทิ้ง

s	ถังสเตบิไลเซชั่น
ST	ถังตกตะกอน
T	ทั้งหมดของระบบกำจัด
TS	สารอาหารในรูปที่ละลายน้ำคิดทั้งหมดของระบบกำจัด
TT	สารอาหารทั้งหมดคิดทั้งหมดของระบบกำจัด
t_c	เวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคคิดจากอัตราการไหลของน้ำทิ้งเข้าระบบกำจัด
t_{cr}	เวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคคิดจากอัตราการไหลของน้ำทิ้งเข้าระบบกำจัดรวมทั้งอัตราการไหลของตะกอนจุลินทรีย์หมุนเวียน
t_s	เวลาเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ในถังสเตบิไลเซชั่นคิดจากอัตราการไหลของน้ำทิ้งเข้าระบบกำจัด
t_{sr}	เวลาเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ในถังสเตบิไลเซชั่นคิดจากอัตราการไหลของตะกอนจุลินทรีย์หมุนเวียน
U	อัตราเร็วของสารอาหารในน้ำทิ้งที่ถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์
V	ปริมาตรถังกำจัดน้ำทิ้ง
w	ทิ้งออกจากระบบกำจัด
X	ความเข้มข้นของจุลินทรีย์
Y	สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
α	อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ในถังคอนแทคต่อตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดของระบบกำจัด
β	อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ในถังสเตบิไลเซชั่นต่อตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดของระบบกำจัด
ϕ	อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ในถังตกตะกอนต่อตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบกำจัด
η	ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งในรูปของซีโอดี
θ_c	อายุตะกอนจุลินทรีย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

คำย่อ ..... ฌ

รายการประกอบตาราง ..... ฑ

รายการรูปประกอบ ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ระบบน้ำทิ้งของชุมชนในประเทศไทย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง 2

1.3 ขอบเขตของการทดลอง 2

2. ประวัติ 4

2.1 ลักษณะน้ำทิ้งจากชุมชน 4

2.3 วิวัฒนาการระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่น 10

3. ทฤษฎี 23

3.1 สมการแสดงความสมดุลย์ของมวลสารในระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่น .. 23

3.1.1 สมดุลย์ของปริมาณจุลินทรีย์ในถังคอนแทค 24

3.1.2 สมดุลย์ของปริมาณจุลินทรีย์ในถังสเตบิไลเซชั่น 25

3.1.3 สมดุลย์ของปริมาณจุลินทรีย์ในถังตกตะกอน 26

3.1.4 สมดุลย์ของสารอาหารอินทรีย์คาร์บอนในถังคอนแทค 26

3.1.5 สมดุลย์ของปริมาณสารอาหารอินทรีย์คาร์บอนในถังสเตบิไลเซชั่น 27

3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 28

หน้า

4. วิธีการทดลอง 34
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 34
4.2 แผนการทดลอง 36
4.3 ลักษณะของน้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลอง 40
4.4 การดำเนินการทดลองและระยะเวลาที่ใช้ 45
4.6 การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล 47
5. ผลการทดลองและการพิจารณา 49
5.1 ข้อมูลผลการทดลองเบื้องต้น 49
5.1.1 การเปลี่ยนแปลงของ pH 49
5.1.2 การเปลี่ยนแปลงของสารอาหารในน้ำทิ้งเข้าและออกจากระบบกำจัด 49
5.1.3 ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังทดลอง 64
5.1.4 ลักษณะของจุลินทรีย์ 65
5.2 การหาค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่น 76
5.2.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และสัมประสิทธิ์การตายของจุลินทรีย์ 76
5.2.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จากการสังเกตุกับอายุตะกอนจุลินทรีย์ 79
5.2.3 การหาค่า Y_c และ k_{dc} 80
5.2.4 การหาค่าอัตราเร็วสูงสุดของสารอาหารที่ถูกใช้ไปต่อหน่วยน้ำหนักของจุลินทรีย์ 83
5.2.5 การหาค่าความเข้มข้นของสารอาหารเมื่ออัตราเร็วของสารอาหารที่ถูกใช้ไปต่อน้ำหนักของจุลินทรีย์เป็นครึ่งหนึ่งของอัตราเร็วสูงสุด 97

หน้า

5.3 สรุปค่าตัวแปรต่างที่มีอิทธิพลต่อระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่น 103
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 104
6.1 สรุปผลการทดลอง 104
6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป 105
ภาคผนวก 106
เอกสารอ้างอิง 110
ประวัติผู้ทดลอง 115

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2-1	ปริมาณปฏิกูลจากคน	4
2-2	ลักษณะต่างๆของส่วนที่เป็นน้ำของปฏิกูลจากคนในเขตกรุงเทพมหานครฯ	5
2-3	ลักษณะต่างๆของปฏิกูลจากคนในประเทศญี่ปุ่น	5
2-4	ลักษณะต่างๆของอุจจาระและปัสสาวะของคนใน 1 วันผสมกับน้ำ 60 ลิตร	6
2-5	ลักษณะต่างๆของน้ำทิ้งรวม U.S. ARMY MOBILITY EQUIPMENT CENTER	7
2-6	ลักษณะน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล	8
2-7	ลักษณะน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนในประเทศญี่ปุ่น	9
2-8	ลักษณะน้ำจากชุมชนห้วยขวาง	10
2-9	ผลการทดลอง BIOSORPTION ของ ULLRICH และ SMITH	14
4-1	ลักษณะการควบคุมตัวแปรในการทดลอง	39
4-2	ลักษณะของน้ำทิ้งจากห้วยขวาง	41
4-3	ส่วนประกอบของน้ำทิ้งสังเคราะห์	42
4-4	ส่วนประกอบน้ำทิ้งสังเคราะห์จากชุมชน	43
4-5	ส่วนประกอบน้ำทิ้งจากชุมชนที่ใช้ในการทดลอง	44
5-1	ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในถังทดลอง	50
5-2	ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งเข้าและออกจากระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่น	52
5-3	ลักษณะน้ำทิ้งเข้าและออกจากระบบการทดลองคอนแทคสเตบิไลเซชั่น	54
5-4	แสดงสมการเส้นตรงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของระบบกำจัดกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทค	64
5-5	แสดงลักษณะจุลินทรีย์จากการดูด้วยกล้องจุลทรรศน์	74
5-6	แสดงค่า U_{TT} เฉลี่ยตามอายุตะกอนจุลินทรีย์	76
5-7	แสดงค่า Y_{obs} เฉลี่ยตามอายุตะกอนจุลินทรีย์	80

ตารางที่		หน้า
5-7	ค่าของ Y_c และ k_{dc} ที่อายุตะกอนจุลินทรีย์ต่างๆ	83
5-8	การเปรียบเทียบค่า K_O และ γ ที่ทดลองได้กับ SAIPHANICH	97
5-9	ค่า $(K_S)_{TP}$ ตามอายุตะกอนจุลินทรีย์	98
5-10	ค่า $(a_i)_{CP}$ ตามอายุตะกอนจุลินทรีย์	100
5-11	ค่า K_S ที่ทดลองได้กับ SAIPHANICH	100
5-12	ค่าตัวแปรต่างของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่น	103

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะการทำงานของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่น	11
2.2	แสดงระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่นแบบ MOLLORY	12
2.3	แสดงลักษณะการปรับปรุงระบบกำจัดน้ำทิ้งของ ULLRICH&SMITH	13
2.4	แสดงรูปการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่น	17
2.5	แสดงการเปลี่ยนแปลงของ บีโอดี 5 วันของน้ำทิ้งผสมกับตะกอนจุลินทรีย์ในช่วงเวลาเติมอากาศ	17
3.1	แสดงความสมดุลย์ของมวลสารในระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่น	23
4.1,4.2	แสดงการทำงานของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่นขนาดห้องปฏิบัติการ	37,38
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของซีโอดีในน้ำทิ้งกับเวลา	46
5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารกับระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 20 วัน	57
5.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารกับระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 10 วัน	59
5.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารกับระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 5 วัน	59
5.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารกับระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 2.5 วัน	60
5.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของระบบกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 20 วัน	61
5.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของระบบกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 10 วัน	61
5.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของระบบกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 5 วัน	62

รูปที่		หน้า
5.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของระบบกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทค เมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 2.5 วัน	62
5.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของระบบกับอายุตะกอนจุลินทรีย์	63
5.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังทดลองกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 20 วัน	66
5.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังทดลองกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 10 วัน	67
5.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังทดลองกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 5 วัน	68
5.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังทดลองกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 2.5 วัน	69
5.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังทดลองต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 20 วัน	70
5.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังทดลองต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 10 วัน	71
5.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังทดลองต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 5 วัน	72
5.17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในถังทดลองต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดกับเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในถังคอนคอนแทคเมื่ออายุตะกอนจุลินทรีย์ 2.5 วัน	73
5.18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{TP} กับ $1/\theta_c$	77
5.19	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{TP} กับ θ_c	78

รูปที่		หน้า
5.20	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/Y_{obs}$ กับ θ_c	81
5.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y_{obs} กับ θ_c	82
5.22	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง k_c กับ U_{CT} เมื่อ θ_c = 5 วัน	84
5.23	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง k_c กับ U_{CT} เมื่อ θ_c = 10 วัน	85
5.24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง k_c กับ U_{CT} เมื่อ θ_c = 20 วัน	86
5.25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/U_{TT}$ กับ $1/C_{TT}$	88
5.26	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{TT} กับ C_{TT}	89
5.27	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/U_{TS}$ กับ $1/C_{TS}$	90
5.28	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{TS} กับ C_{TS}	91
5.29	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/U_{CT}$ กับ $1/C_{CT}$	93
5.30	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{CT} กับ C_{CT}	94
5.31	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/U_{CS}$ กับ $1/C_{CS}$	95
5.32	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{CS} กับ C_{CS}	96
5.33	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(K_S)_{TT}$ กับ θ_c	99
5.34	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(K_S)_{CT}$ กับ α	101
5.35	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(a_i)_{CT}$ กับ θ_c	102