บทที่ 6

ขั้นตอนในการวิจัย

ในการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้นั้นแบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ด้วยกันคือ

1. Batch Study

ในการทดลองแบบ Batch Study นั้นการทดลองใช้หลอดแก้วสำหรับตวง (Measuring Tube) ขนาดความจุ 1000 มิลลิลิตร เป็นถังเติมอากาศ (Aeration Basin) น้ำโสโครกที่นำมาทดลองนั้นเป็นน้ำโสโครกที่ทำจากแป้งมันละลายน้ำ (Synthetic Waste) โดยผสมแป้งมันกับน้ำให้มีความเข้มข้นตามต้องการ การทดลองเลือกใช้ 4 ความเข้มข้น คือ 100 , 200 300 และ 400 ม.ก./ลิตร

เริ่มทดลองใช้ " Seed " จากโรงกำจัดน้ำโสโครกของโรงงานผลิตน้ำอัดลม (บริษัทเสริมสุขจำกัด) นำเอา Sludge มาจากตรง Return Sludge ซึ่งมีความเข้มข้นมาก มาเติมในหลอดตวงประมาณครึ่งหนึ่ง แล้วเติมน้ำโสโครกที่ผสมแล้วให้มีความเข้มข้นตามต้องการ (100 , 200 , 300 ,และ 400) ลงไปอีกครึ่งหนึ่งให้มีปริมาตรครบ 1000 ม.ล. แล้วใช้เครื่องเป่าอากาศ ซึ่งเป็น Air Pump ขนาดเล็ก จะสามารถให้อากาศได้ประมาณ 1000 ซี.ซี./นาที เป็นตัวเติมอากาศ แล้วปล่อยทิ้งไว้ 1 วัน วันรุ่งขึ้นก็เติมน้ำโสโครกลงไปเท่าเดิม ดูการสร้างตะกอน พร้อมกับวิเคราะห์ (Analyse) หาค่าต่าง ๆ เช่น COD , BOD , SS. , TS. , N_2 , PO_4 , pH etc เป็นต้น แต่ในวันหนึ่ง ๆจะต้องหยุดเครื่องเป่าอากาศสังเกตุดูการตกตะกอนของตะกอนที่ Loadingต่างๆกันดู การทดลองนี้ควบคุมอัตราส่วนของ COD:N:P =100:5:1 ตลอดการทดลอง ในการเติมไนโตรเจนนั้นใช้ ยูเรีย (Urea) 46 % และ ฟอสฟอรัสใช้กรดฟอสฟอริค 86 % จากการทดลองนี้ เราเอาค่าที่ได้ไปใช้ออกแบบเครื่องมือทดลองในขั้นต่อไป

2. Continuous Feeding Study

การทดลองขั้นนี้ทำต่อจาก Batch Study โดยเลือกเอา Loading จาก Batch Study มาออกแบบเครื่องมือที่ใช้ทดลอง

การทดลองเลือกเอาน้ำโสโครกจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ชื่อ"บริษัทอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังไทยจำกัด" ตั้งอยู่ที่กิโลเมตรที่ 113 อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นโรงงานที่ค่อนข้างใหญ่ กรรมวิธีในการผลิตแป้งมันค่อนข้างทันสมัย รูปแสดงกรรมวิธีในการผลิตและขบวนการในการผลิตแสดงอยู่ในรูปที่ 9 ซึ่งจะแสดงจุดที่จะเกิดน้ำโสโครก และจุดที่ปล่อยน้ำโสโครกออกมา

การทดลองนั้นเริ่มจากการเก็บน้ำโสโครกตัวอย่างนำมาวิเคราะห์หาคุณลักษณะทั่วไป พบว่าน้ำโสโครกจากตัวสลัดแห้ง (Separator) จะมีความเข้มข้นกว่าจากส่วนอื่น และมีค่าความสกปรกมาก น้ำโสโครกที่ออกมาเป็นจำนวนมากอีกจุดหนึ่งก็คือ น้ำล้างหัวมันแต่จะมีความเข้มข้น และสกปรกน้อยกว่าจากตัวสลัดแห้ง น้ำโสโครกจากทั้งสองจุดมารวมกันแล้วจึงถูกปล่อยทิ้งไป ซึ่งลักษณะของน้ำโสโครกจากโรงงานนั้นแสดงอยู่ในตารางที่ 1

รูปที่ 12 เป็นรูปแสดงระบบกำจัดขนาดย่อที่ใช้ทดลอง เริ่มการทดลองนั้น ใช้ "Seed" จากโรงงานกำจัดน้ำโสโครกของบริษัทผลิตน้ำอัดลมเดิม ใช้ส่วนที่นำมาจาก Return Sludge ใช้ประมาณ 5 ลิตร เติมน้ำโสโครกจากโรงงานประมาณ 10 ลิตร แล้วใช้เครื่องเป่าอากาศ (Air Pump) เป็นตัวเติมออกซิเจน ใช้เครื่องเป่าอากาศ 5 ตัว แต่ละตัวจะสามารถให้อากาศได้ 2 ทาง (ให้อากาศได้วันละประมาณ 14,400 ลิตร) อัตราการเติมอากาศจะเท่านี้ตลอด

น้ำโสโครกจากโรงงานจะบรรจุในขวดแก้วขนาด 25 ลิตร โดยมีมอเตอร์แบบรอบช้าเป็นตัวกวนให้น้ำโสโครกมีความเข้มข้นสม่ำเสมอ และป้องกันการตกตะกอน น้ำโสโครกจะถูกสูบไปสู่ถังเติมอากาศโดย
ซึ่งควบคุมจังหวะการทำงานโดยใช้นาฬิกา ทำให้สามารถควบคุมอัตราการเติมน้ำโสโครก (Feed Rate) ได้ตามต้องการ

การสูบเอาตะกอนย้อนกลับมาจากถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย มาสู่ถังเติมอากาศ (Sludge Recycle) ใช้แบบ

ระหว่างที่ทดลอง F/M Ratio หาได้จากที่ทราบอัตราการเติมน้ำโสโครกลงไป (Feed Rate) และการวิเคราะห์หาค่า COD ของน้ำโสโครกที่เติมลงไป (Feed COD) รวมทั้งการวัดปริมาณของ MLSS ในถังเติดอากาศ ขณะที่ทดลองพบว่ามีเมือกจุลินทรีย์ (Biological Growth) ไปเกาะอยู่ที่ผนังของถังเติมอากาศ แต่ได้กวาดเอาลงไปในถังเติมอากาศวันละ 2 - 3 ครั้งโดยสม่ำเสมอ

อาหารที่จำเป็น (Nutrient) ของระบบกำจัดควบคุมให้อยู่ในอัตราที่เหมาะสมตลอดการทดลอง คือควบคุมอัตราส่วนของ COD : N : P ประมาณ 100 : 5 : 1 สำหรับไนโตรเจนที่ใช้เติมคือ ยูเรีย 46 % ฟอสฟอรัสที่ใช้เติมคือ กรดฟอสฟอริก 86 % โดยการคำนวนเทียบกับ COD ของน้ำโสโครก

ระหว่างการทดลอง เมื่อระบบกำจัดทำงานจนอยู่ในสภาพที่คงที่แล้ว (Steady State) ได้วิเคราะห์หาค่า และคุณลักษณะต่างๆคือ COD , SS , TS T.S. , D.O. , pH,Temperature , BOD , NH_3-N , Org-N , PO_4 , etc.

วิธีการที่ใช้วิเคราะห์หาข้อมูล

การวิเคราะห์หาคุณลักษณะต่างๆนั้น เช่น COD, BOD , SS. , T.S. , NH_3-N , Org-N , PO_4 นั้นใช้วิธี APHA , WPCF ,Standard Method (1970)

MLSS ในถังเติมอากาศวัดโดยใช้วิธี Centrifuge

pH ใช้ pH Meter

D.O. ใช้ D.O. Meter

อุณหภูมิวัดเป็นองศาเซ็นติเกรด

การออกแบบเครื่องมือที่ใช้ทดลอง

ระบบกำจัดขนาดย่อที่ใช้ทดลองนั้น ทำด้วยแผ่น Acrylic Plastic ขนาดและสัดส่วนคำนวนมาจากการทดลอง Batch Study ซึ่งจะให้ข้อมูลออกมาใช้สร้างระบบกำจัดขนาดย่ออย่างดี

ถังเติมอากาศ (Aeration Basin)

ทำเป็นถังรูปสี่เหลี่ยม คำนวนขนาดได้ดังนี้

จาก $$F/M = \frac{Q\ S_o}{X\ V}$$

F/M = Selected From Batch Study (Assume) = 2

Q = Flow of Wastewater = 20 litre/day

S_o = Feed COD = 6000 mg/l

X = MLSS Concentration in Aeration Basin Assume = 3000 mg/l

$$\text{Volume} = \frac{20 \times 6000}{3000 \times 2} = 20 \text{ litre}$$

ขนาดและรูปร่างถังเติมอากาศดูได้จากรูปที่ 9 และ 11

ขนาดจริงจะมีความจุประมาณ 21 ลิตร

ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย

การวิจัยไม่มีจุดประสงค์จะศึกษาเกี่ยวกับถังตกตะกอนขั้นสุดท้ายโดยตรง จึงสร้างถังให้มีขนาด สัดส่วนเหมาะสมกับถังเติมอากาศเท่านั้น ขนาดและสัดส่วนดูได้จากรูปที่ 9 และ 13

Surface Area = $\frac{1}{2} \times 25 \times 25$ = 312.5 sq.cms.

Surface Area Loading = 312.5 / 20 = 15.6 l/cms^2-day

Volume = $1/3 \times 312.5 \times 20$ = 2.08 litre

อัตราการเติมอากาศ

การวิจัยครั้งนี้เติมอากาศให้กับระบบกำจัดมากเกินพอตลอดเวลา การคำนวนอาศัยที่ LESPERANCE ได้วิจัยเกี่ยวกับการกำจัดแป้งซึ่งจะใช้ปริมาณของออกซิเจน ต่อปริมาณของแป้งที่ถูกกำจัดเพียง 0.745 ต่อ 1.0 เท่านั้น

แต่การวิจัยคำนวนเผื่อไว้มาก ให้อัตราการใช้ออกซิเจนในการกำจัดน้ำโสโครกประมาณ 2 ต่อ 1

MG. OXYGEN : MG. COD + = 2 : 1

จากระบบกำจัดมี Max. COD Loading = 20 7000

= 140,000 mg/day

จากการทดสอบเครื่องเป่าอากาศจะสามาให้ปริมาณอากาศได้ประมาณร้อยละ 1000 - 1500 ซี.ซี.ต่อนาที

อากาศที่เข้าไปในระบบ = $\frac{1000 \times 10 \times 60 \times 24}{10000}$

= 14,400 ลิตรต่อวัน

ได้ทดลองพบว่าอากาศ 1 ลิตรจะให้ออกซิเจนได้ถึง 270 มิลลิกรัม แต่ออกซิเจนจะสามารถละลายลงไปในน้ำได้เพียง 14 - 40 มิลลิกรัมต่ออากาศที่ผ่านเข้าไปหนึ่งลิตรเท่านั้น

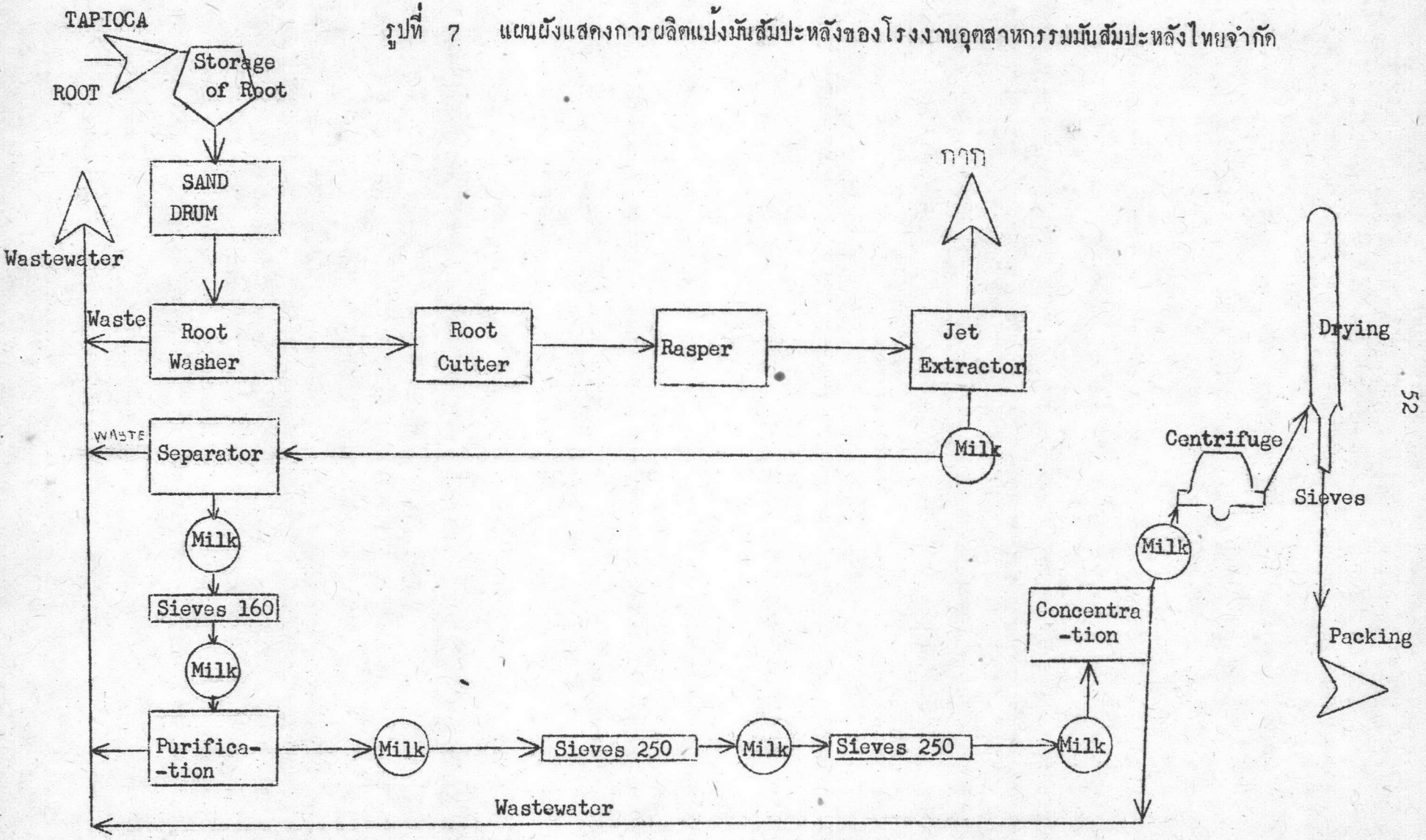
ถ้าให้ออกซิเจนละลายลงน้ำได้ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรอากาศ

ในระบบกำจัดจะได้รับออกซิเจน = 14,400 × 20

= 288,000 ม.ก.ต่อวัน

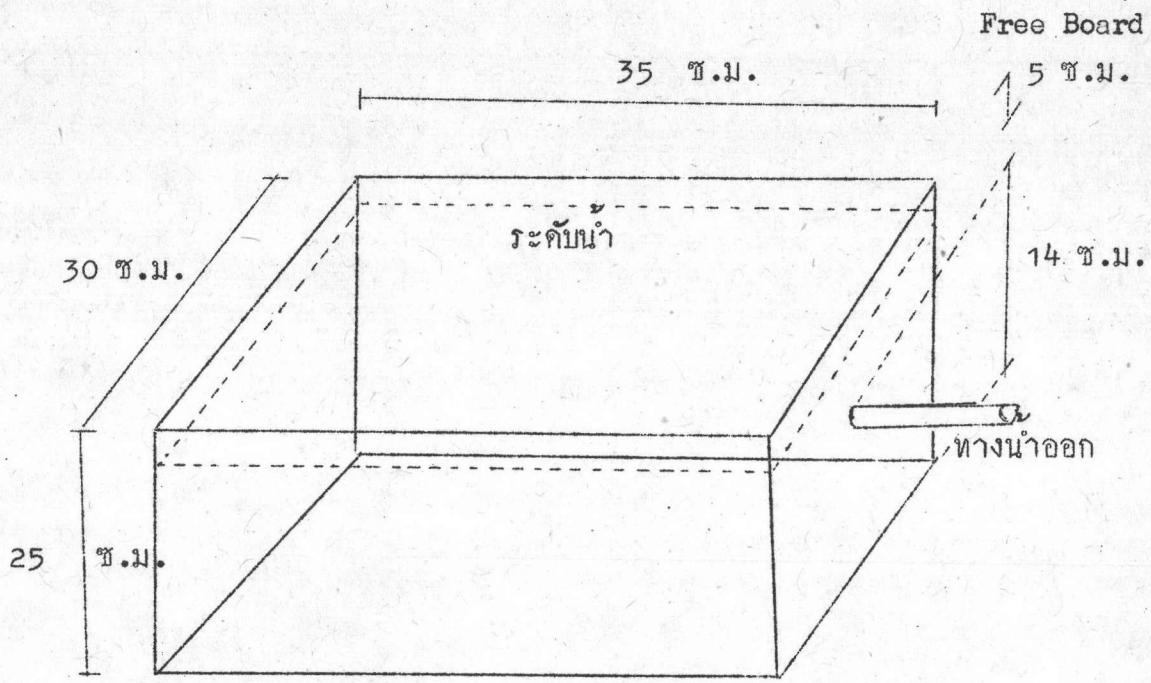
= 288 กรัมต่อวัน

รูปที่ 7 แผนผังแสดงการผลิตแป้งมันสัมปะหลังของโรงงานอุตสาหกรรมมันสัมปะหลังไทยจำกัด

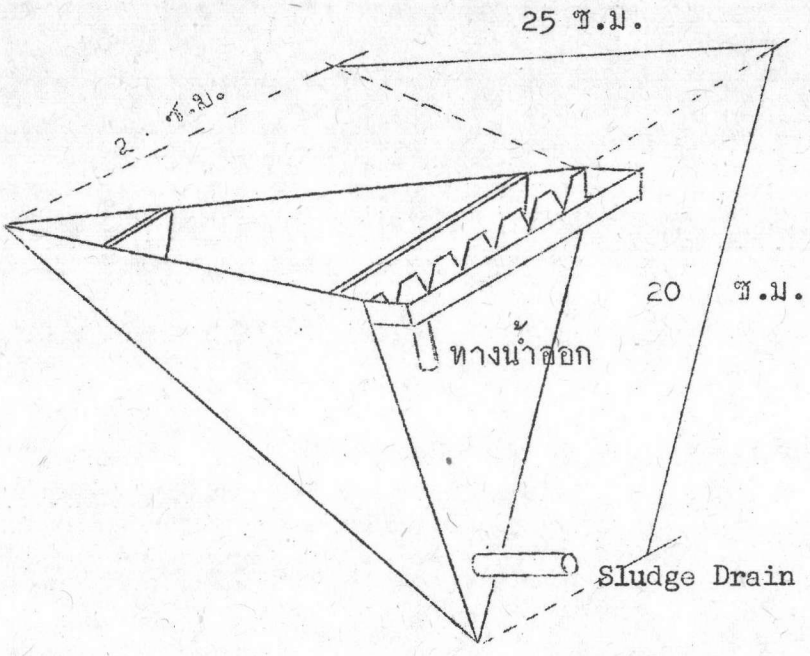


ตารางที่ 1 แสดงลักษณะของน้ำโสโครกที่ออกจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

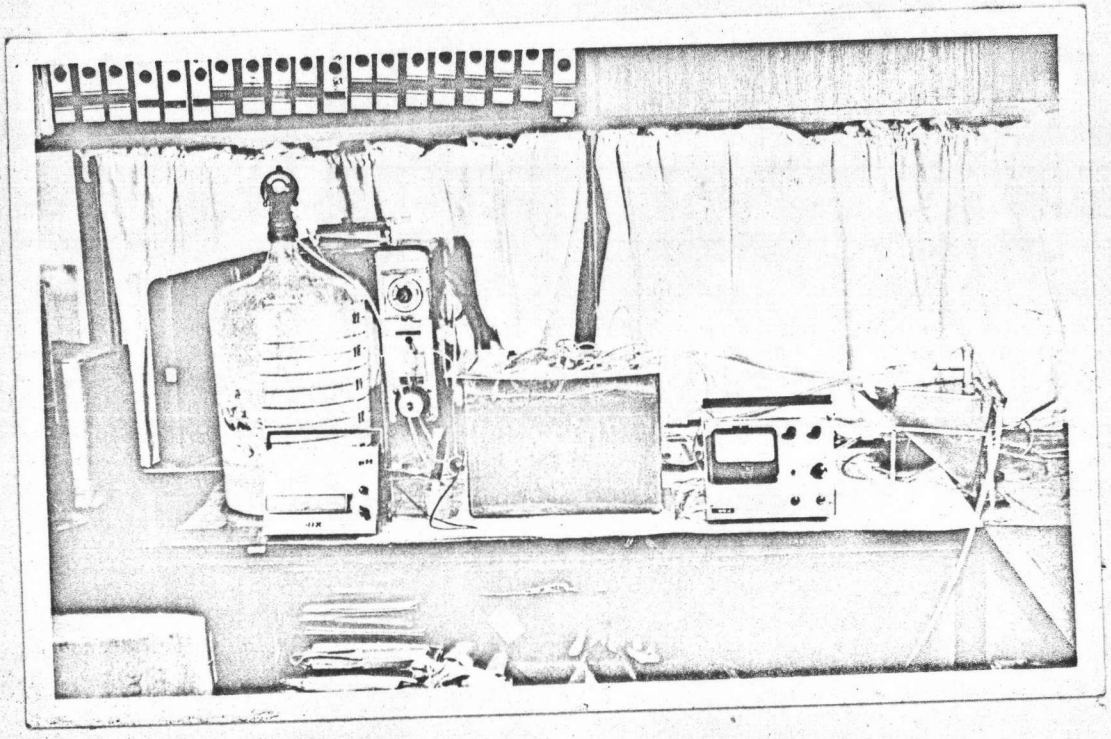
ลักษณะของน้ำโสโครก	น้ำโสโครกจากตัวสลัดแห้ง (SEPARATOR)	น้ำล้างหัวมันรวมกับน้ำสลัดแฉะ (COMBINE)
pH	3.5-3.9	4.1-4.4
Temperature , ^{o}C	23 - 26	23 - 26
COD , mg/l	5500-6700	400 - 700
BOD , mg/l	4500 - 6000	300 - 600
Total Solids , mg/l	3900 - 4500	900 - 1000
Suspended Solid, mg/l	1500 - 2500	250 - 400
Volatile Suspended Solids , mg/l	3200 - 4000	700 - 900
Settleable Solid,mg/l	30 - 70	12 - 18
Total - N , mg/l	140 - 200	10 - 18
Organic - N , mg/l	100 - 180	8 - 12
NH_3 - N , mg/l	0 - 4.5	0 - 1
PO_4 , mg/l	7 - 14	0 - 1



รูปที่ 8 แสดงขนาดและสัดส่วนของถังเติมอากาศ



รูปที่ 9 แสดงขนาดและสัดส่วนของถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย

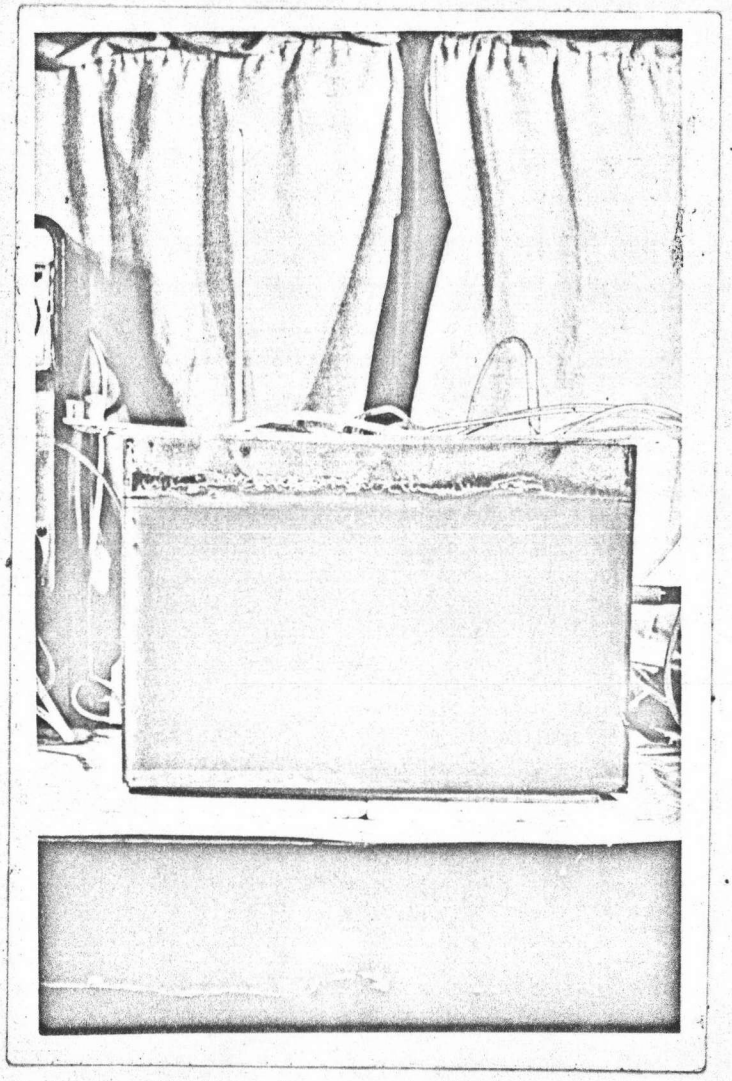


รูปที่ 10

แสดงระบบการกำจัดน้ำโสโครกแบบ ACTIVATED SLUDGE

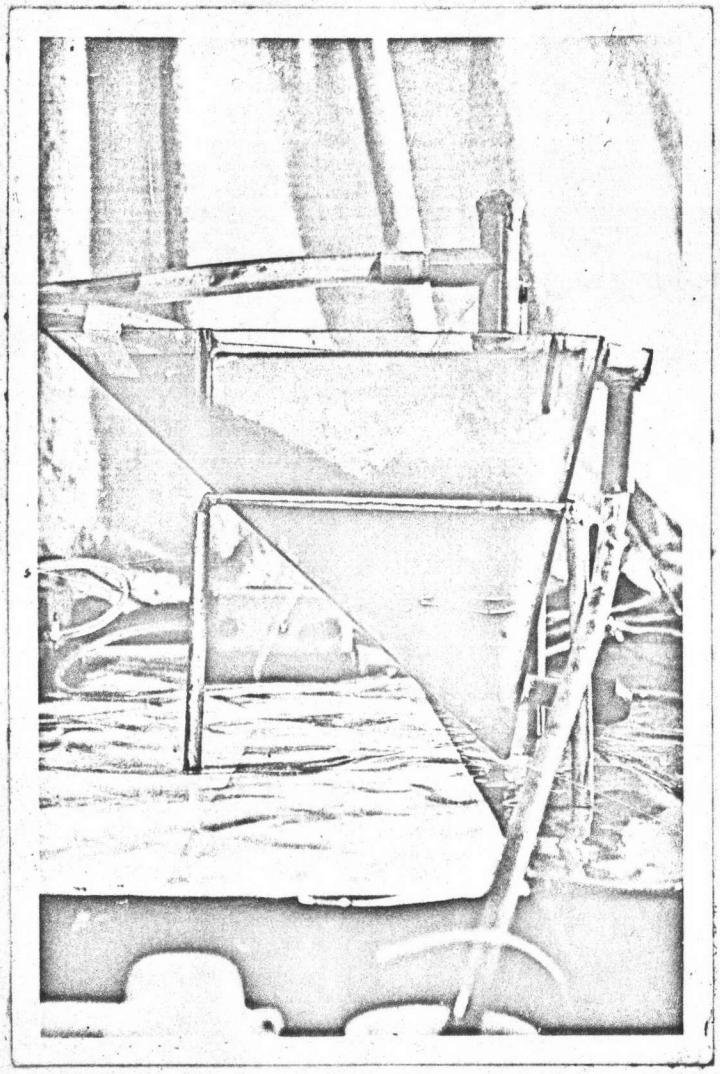
รูปที่ 11

แสดงถังใส่น้ำใสใครก, PUMP, และเครื่องกวน



รูปที่ 12

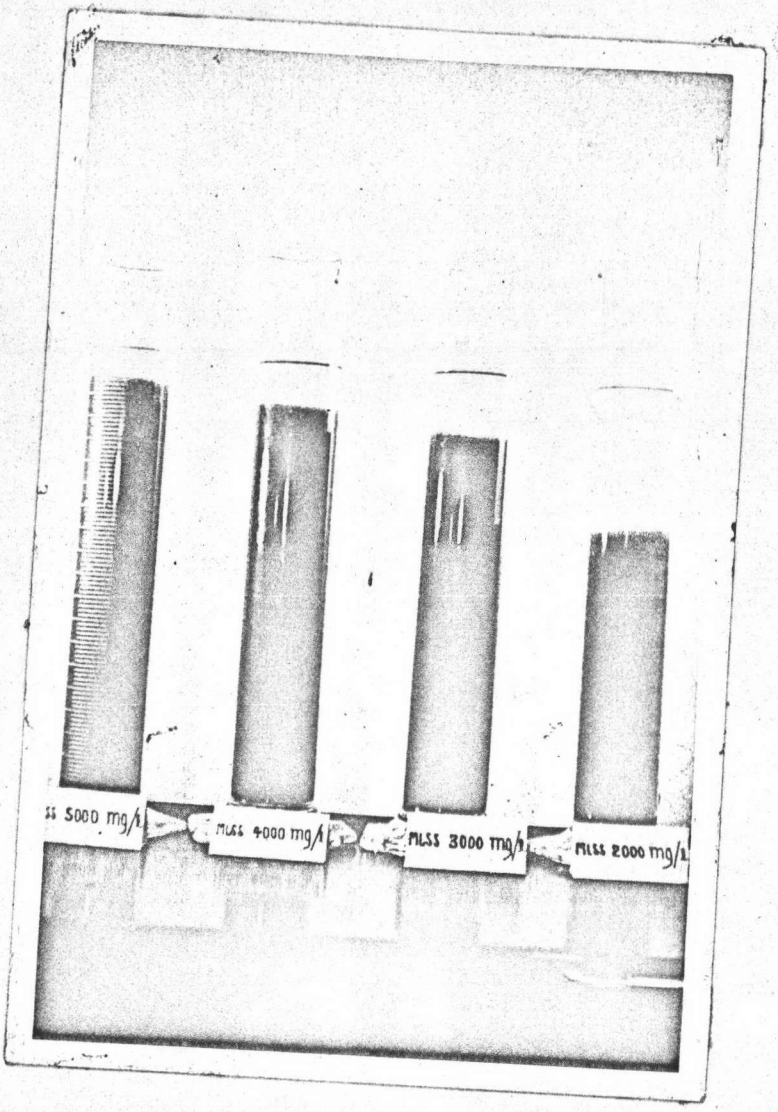
ถังเติมอากาศ (AERATION BASIN)



รูปที่ 13

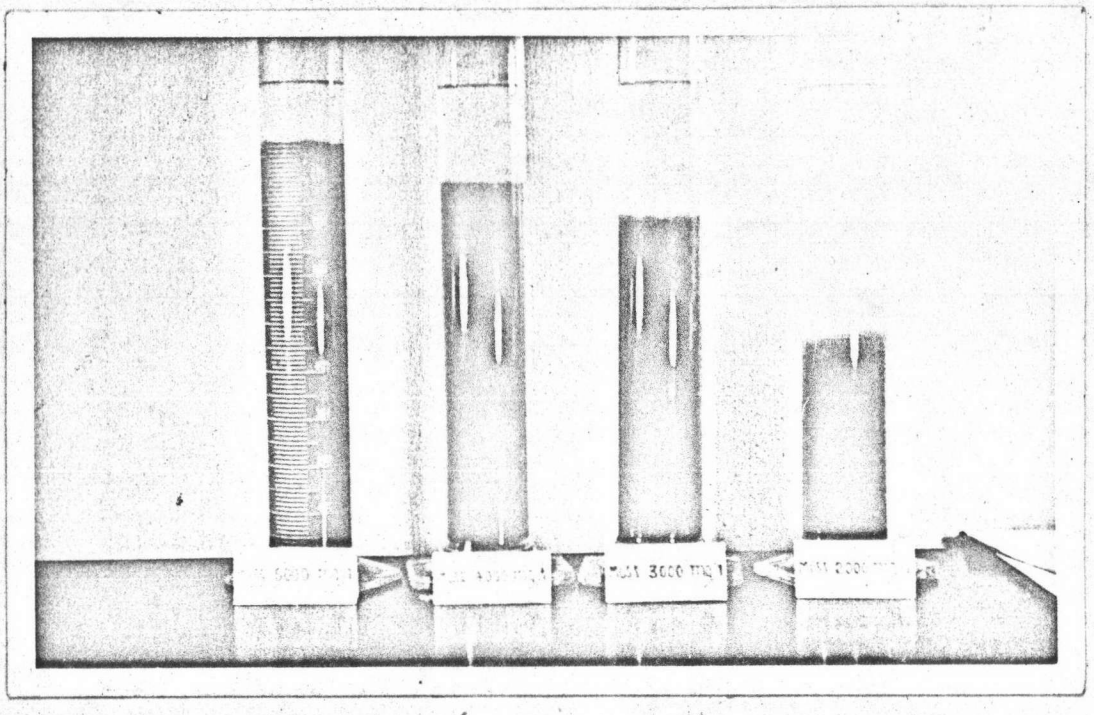
ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย

(FINAL SEDIMENTATION BASIN)



รูปที่ 14

แสดงความเร็วในการตกตะกอนของ SLUDGE
ที่ความเข้มข้นต่างๆกันในเวลา 2 ชม.



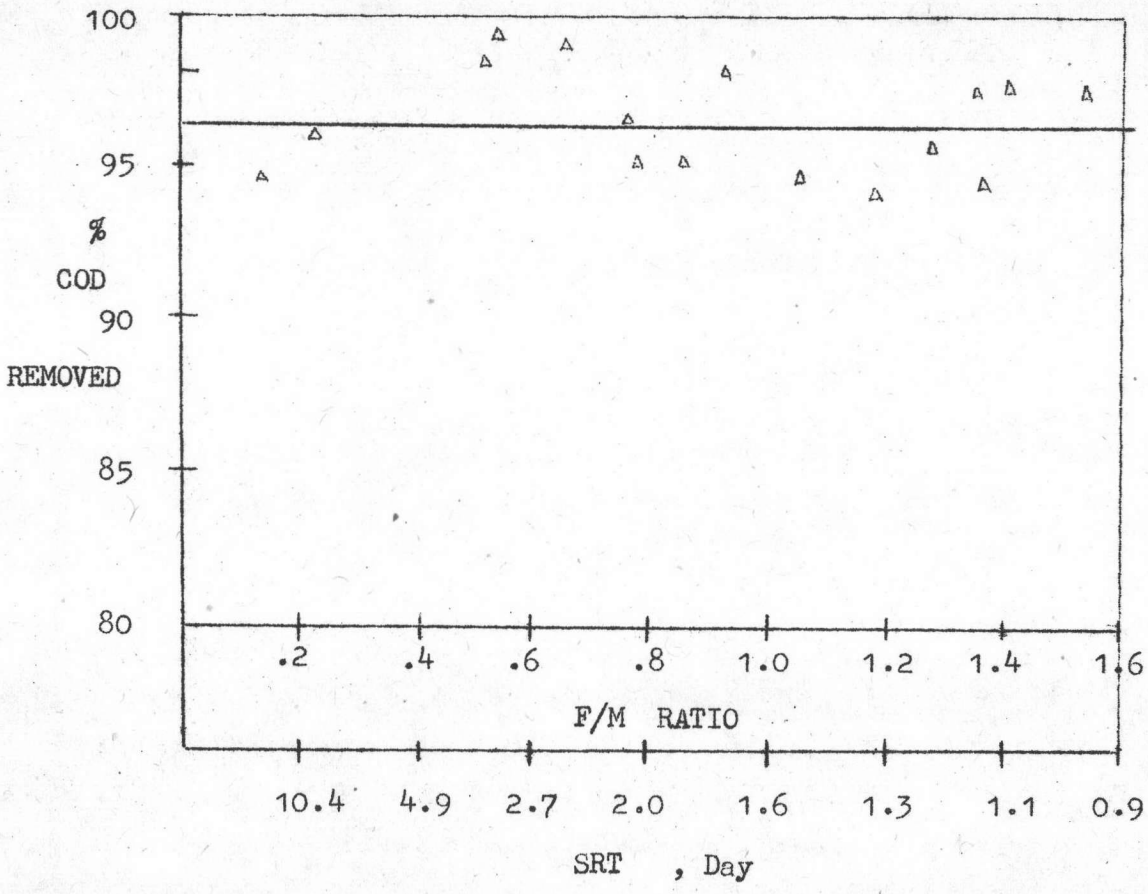
รูปที่ 15

แสดงความเร็วในการตกตะกอนของ SLUDGE

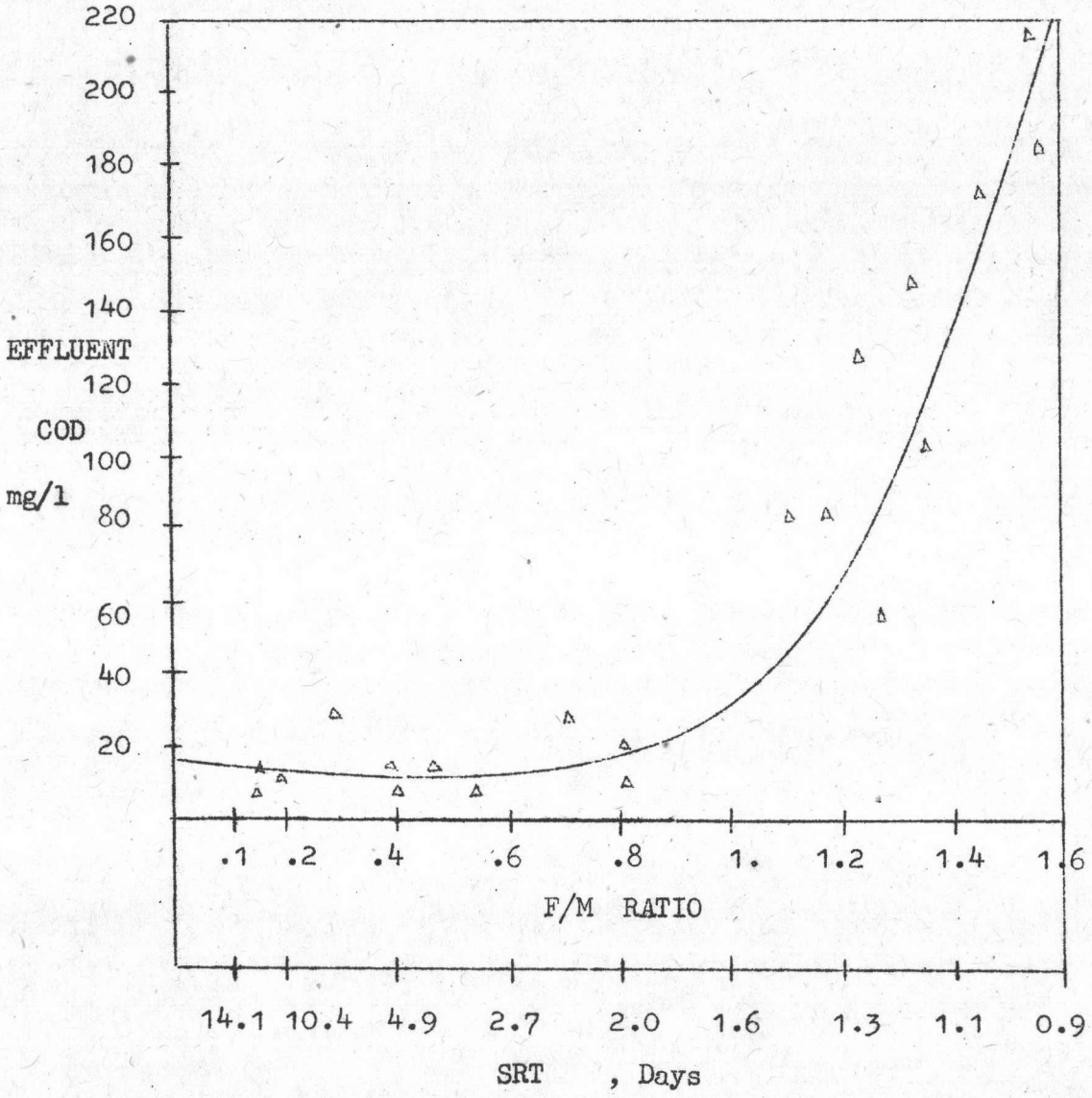
ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันในเวลา 4 ชม.

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

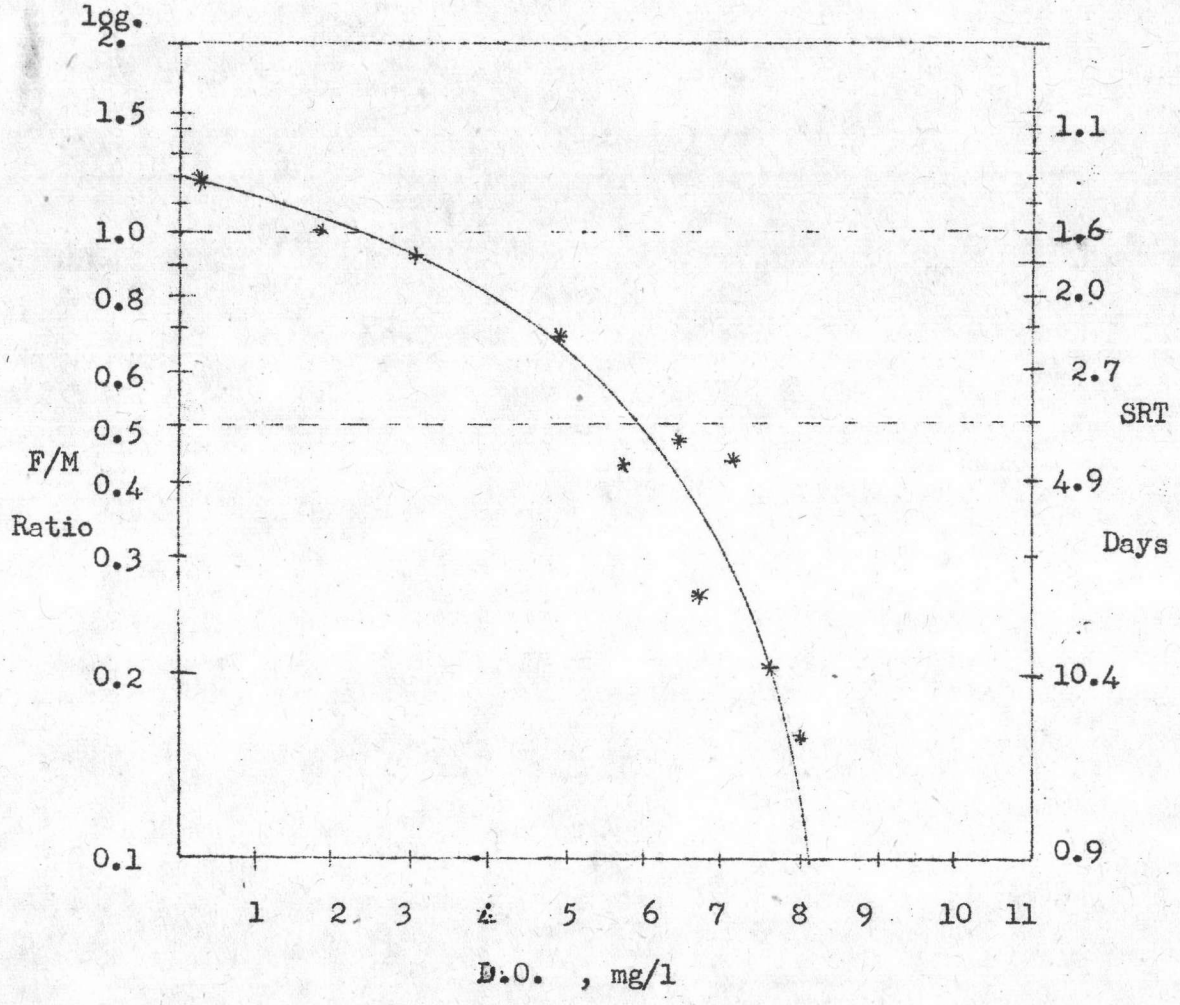
ผลการทดลอง



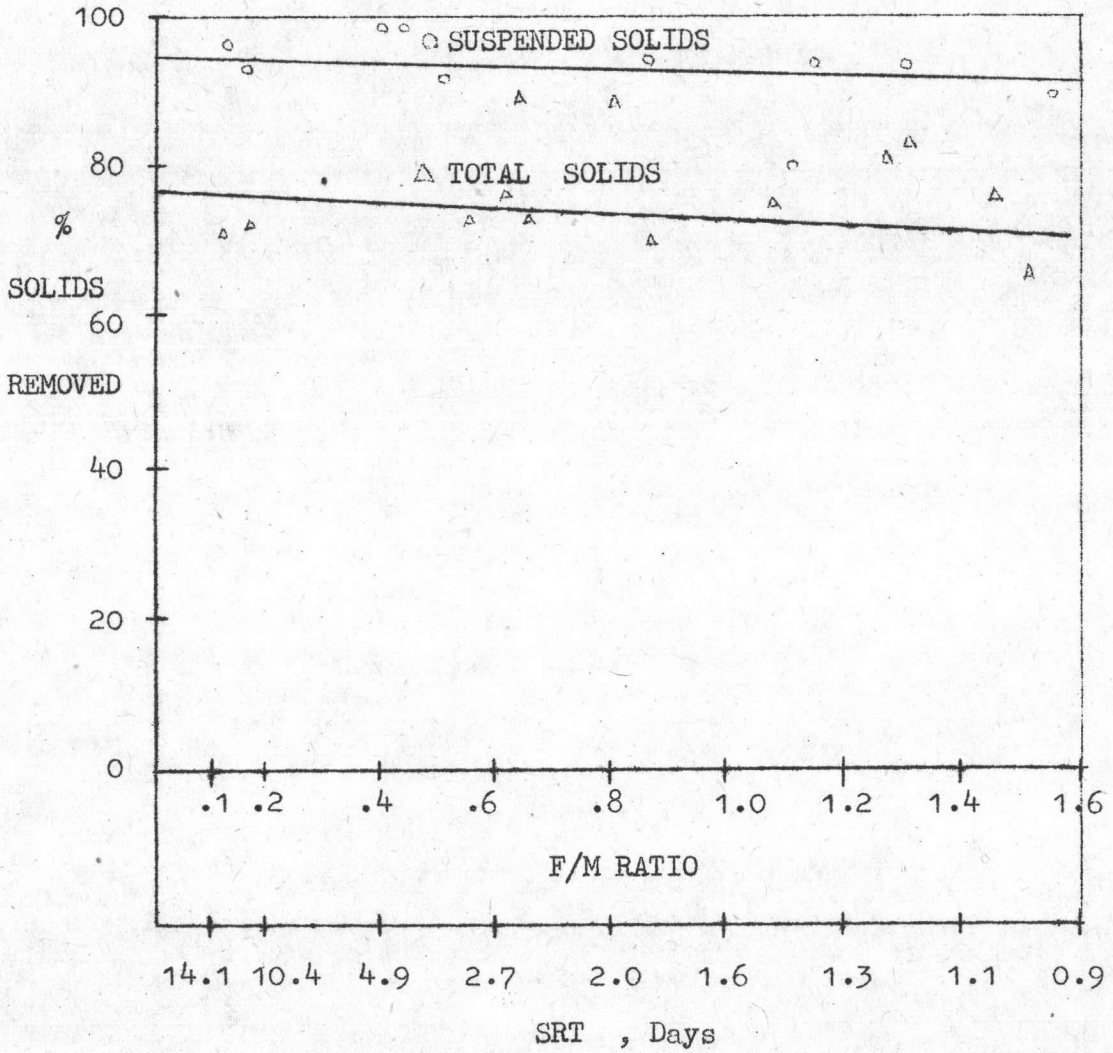
รูปที่ 16 แสดงประสิทธิภาพในการลด COD ของระบบกำจัด



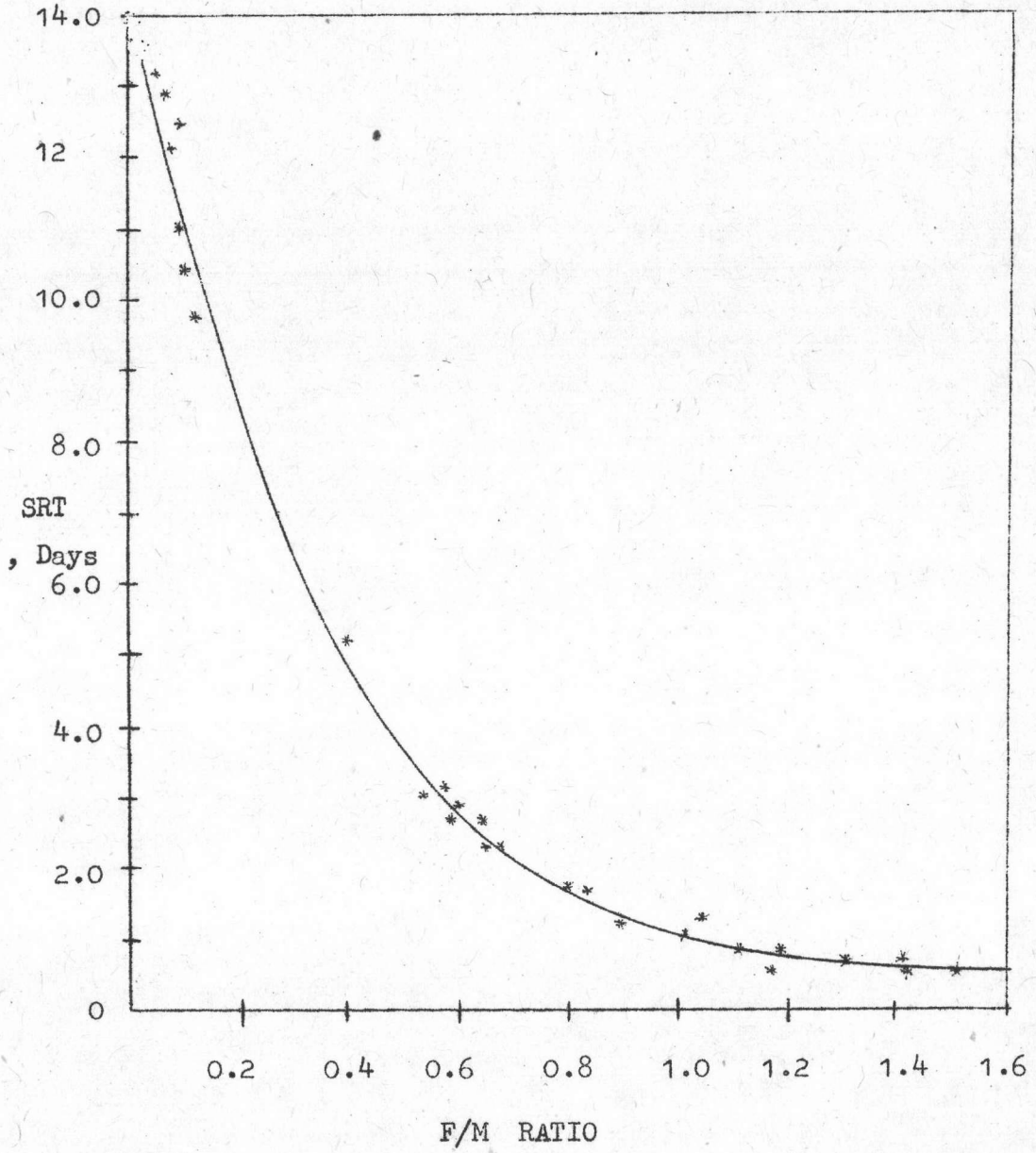
รูปที่ 17 แสดงค่าของ EFFLUENT COD ที่ออกมาจากระบบ



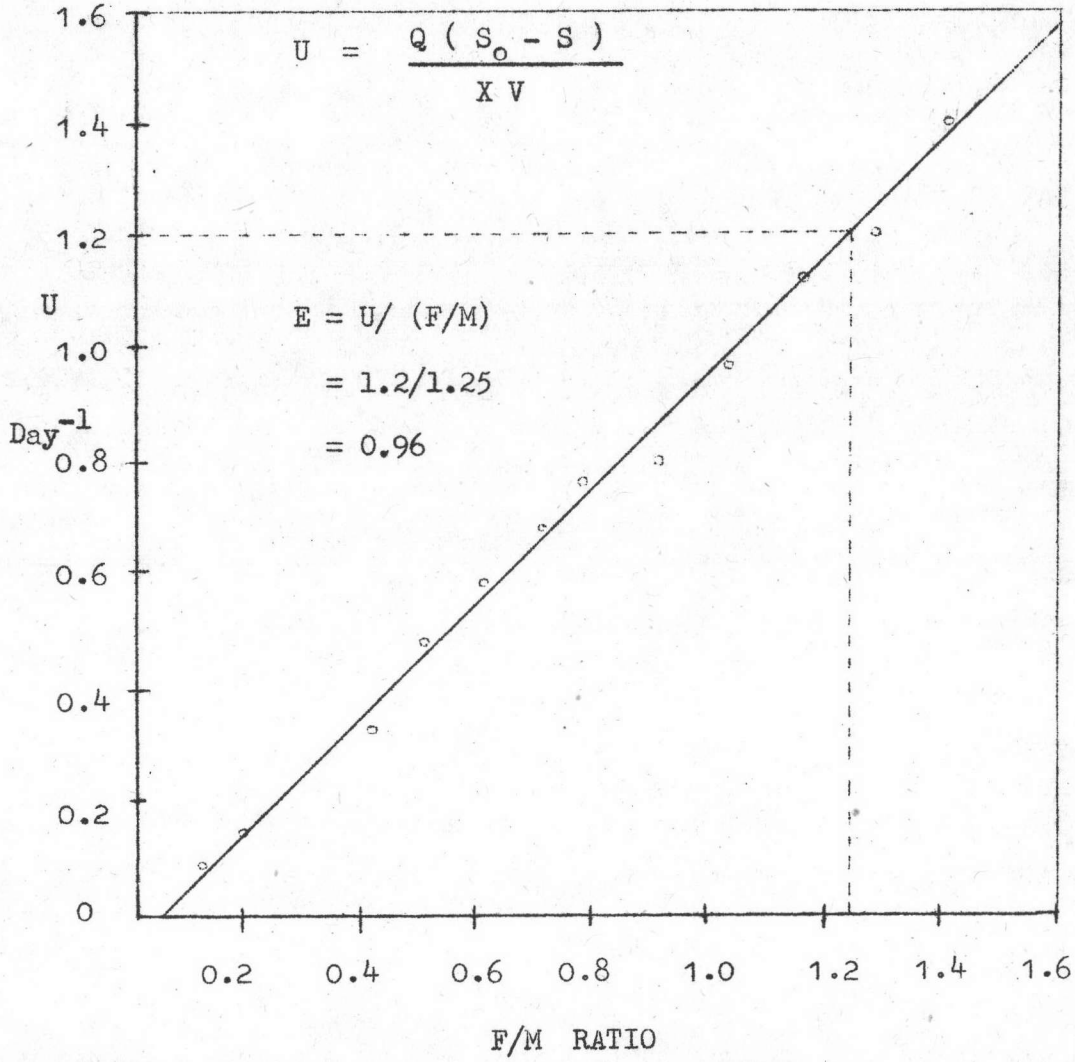
รูปที่ 18 แสดงค่า D.O. ในถังเติมอากาศที่ F/M Ratio และSRT ต่างๆ



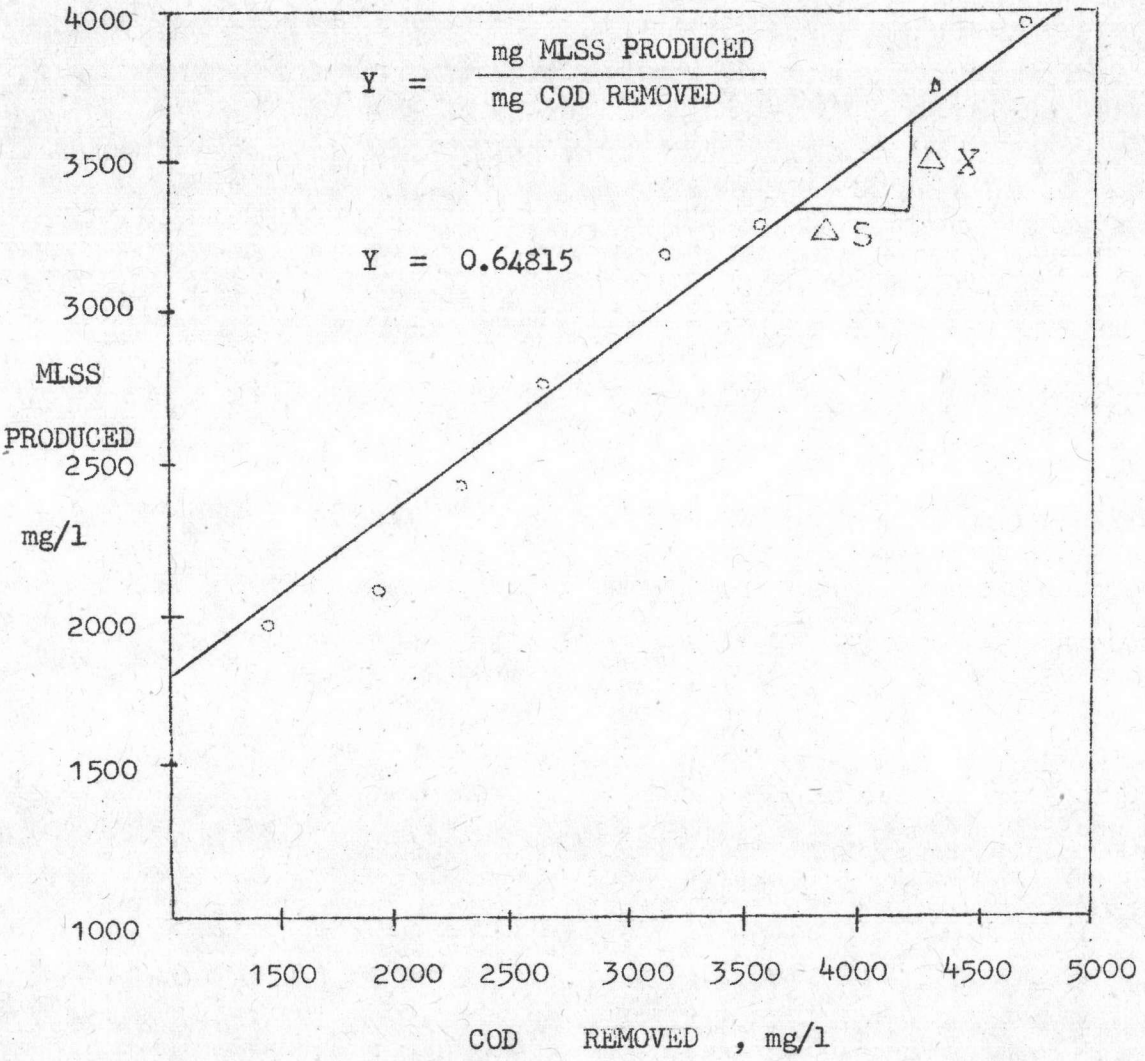
รูปที่ 19 แสดงการลด SOLIDS ของระบบกำจัด



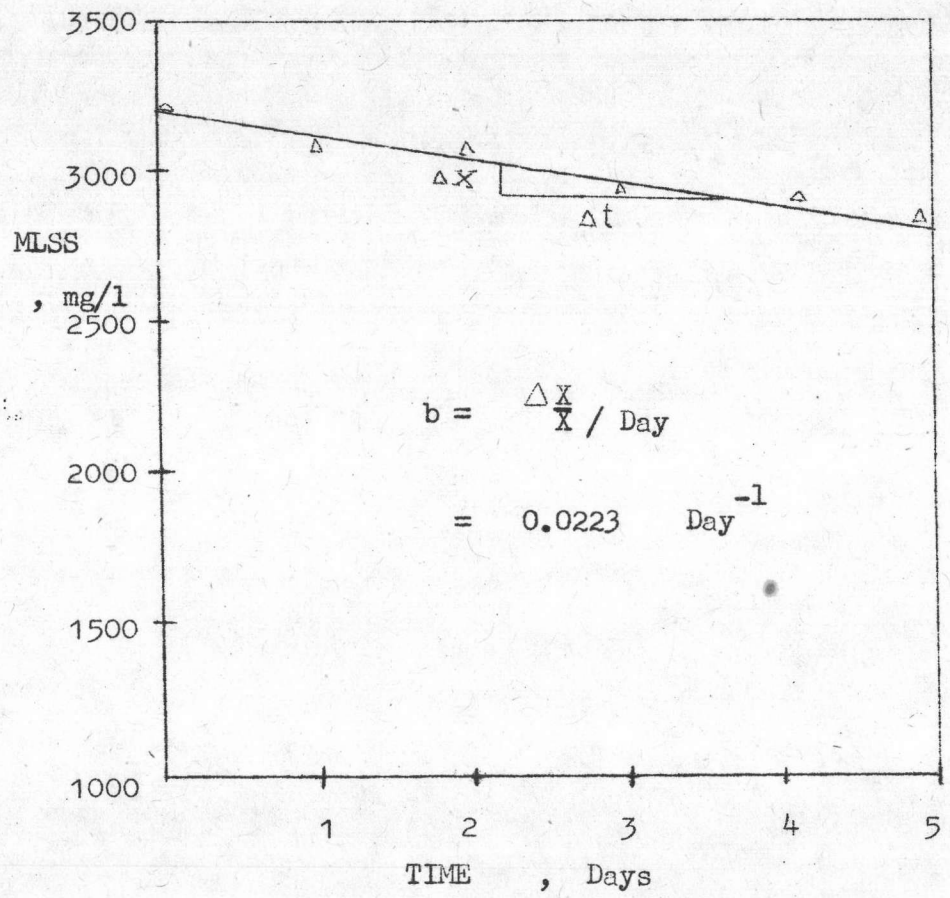
รูปที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ของ F/M RATIO และ SRT



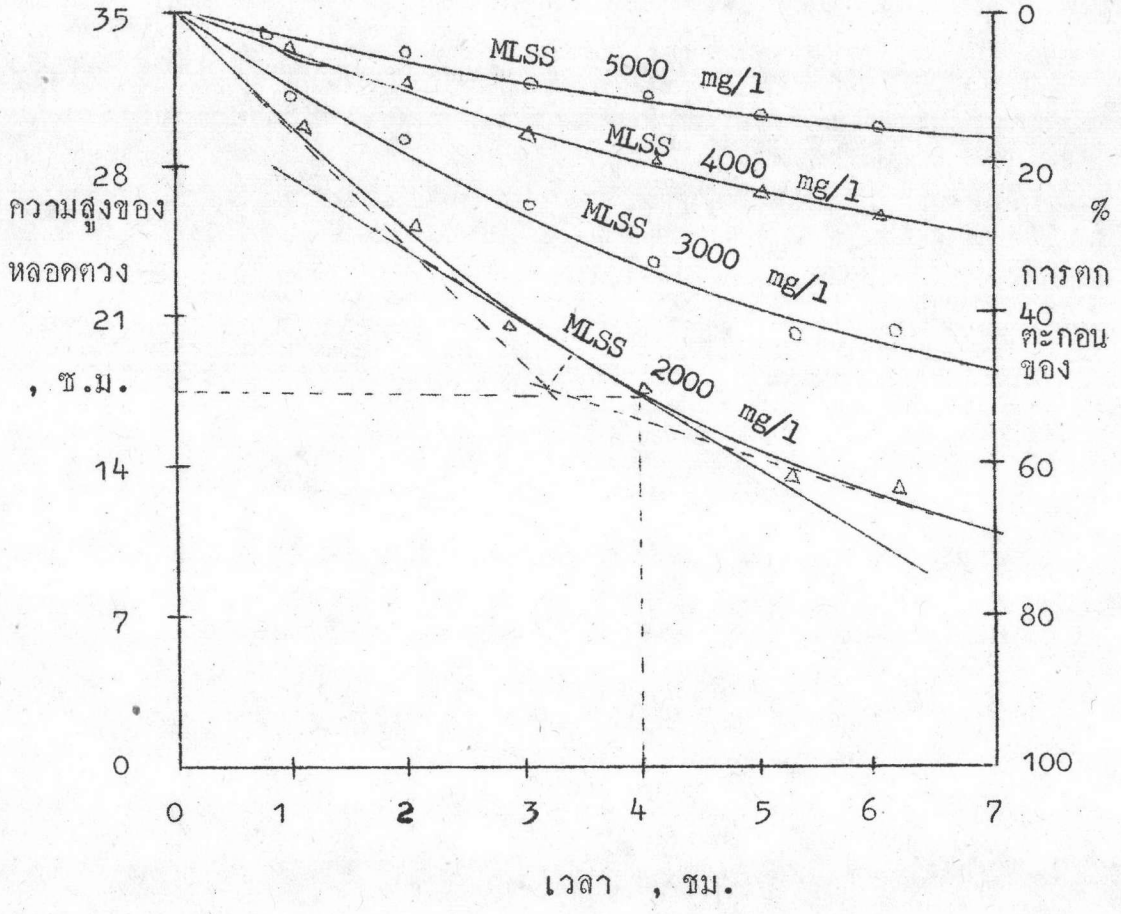
รูปที่ 21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง F/M RATIO และ U



รูปที่ 22 แสดงค่าของ SOLIDS YIELD COEFFICIENT (Y) ของระบบกำจัดแบบ ACTIVATED SLUDGE ในการกำจัดน้ำโสโครกจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง



รูปที่ 23 แสดงค่าของ MICROORGANISM DECAY COEFFICIENT (b)
ของระบบกำจัดแบบ ACTIVATED SLUDGE
ในการกำจัดน้ำโสโครกจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง



รูปที่ 24 แสดงความเร็วในการตกตะกอนของ SLUDGE ที่ความความเข้มข้นต่างๆกัน