

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
รายการตาราง	(6)
รายการภาพประกอบ	(7)
รายการตารางผนวก	(9)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(10)
บทที่	
1. บทนำ	
บทนำค้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	21
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	21
ขอบเขตการวิจัย	21
2. วิธีการวิจัย	
วัสดุที่ใช้ในการวิจัย	22
อุปกรณ์	22
วิธีดำเนินการวิจัย	24
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์	
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศ	31
อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic loading rate)	31
ระยะเวลากักเก็บ (Hydraulic retention time)	36
พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรอง (Specific surface area of media)	42
สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์	47
แบบจำลองฟิล์มชีวะในถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศ	50

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
บทสรุป	56
ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	59
ภาคผนวก	63

## รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ข้อดี-เสีย ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน	2
1.2 ความแตกต่างระหว่าง Non-Methanogenic bacteria กับ Methanogenic bacteria	4
1.3 ขั้นตอนการเกิดผลผลิตจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน	6
1.4 สมการปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน	6
1.5 องค์ประกอบและสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์	10
2.1 รายละเอียดการวิเคราะห์	22
2.2 ขนาดถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศ	23
2.3 สมบัติของตัวกลางกรอง	24
2.4 รายละเอียดการวิเคราะห์	26
3.1 ผลการทดลองเฉลี่ยภายใต้สภาวะคงตัวที่อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ	31
3.2 ผลการทดลองเฉลี่ยของระบบถังกรองไร้อากาศภายใต้สภาวะคงตัวที่ระยะเวลาพักเก็บ	37
ต่าง ๆ	
3.3 ผลการทดลองเฉลี่ยภายใต้สภาวะคงตัวที่พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรอง ขนาด ต่างๆ	42
3.4 อัตราการผุพังของฟิล์มชีวะ ในถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัว	44
กลางกรองขนาดต่างๆ	
3.5 เปรียบเทียบสมการทางคณิตศาสตร์จากการศึกษาทดลองและสมการทางคณิตศาสตร์ที่	49
ใช้ในการบำบัดน้ำเสียชนิดต่าง ๆ	
3.6 ผลการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ที่ระยะเวลาพักเก็บ 8 วันโดยใช้	50
สมการ $S_0 = 8.7 \times 10^{-14} S_i^{4.78} \text{HRT}^{-2.65}$	
3.7 ผลการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ที่ระยะเวลาพักเก็บ 8 วัน โดยใช้	50
สมการ $S_0 = 5.44 \times 10^{-17} S_i^{4.49} \text{HRT}^{-2.43} A_{sp}^{2.08}$	
3.8 ผลของฟลักซ์สารอาหาร สัมประสิทธิ์ผลผลิตได้ของชีวมวลและความหนาแน่นของจุลินทรีย์	51
3.9 ผลการคำนวณอัตราการผุพังของฟิล์มชีวะ	52
3.10 การคำนวณความหนาฟิล์มชีวะโดยสมการ Rittman an d McCarty (1980a)	54
3.11 ผลความหนาฟิล์มชีวะที่คำนวณได้กับความหนาของฟิล์มชีวะที่วัดจากเครื่อง SEM	55
4.1 อิทธิพลของค่าพารามิเตอร์ต่อค่าตัวแปรต่างๆในสมการของ Rittman และ McCarty	57

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 แสดงขั้นตอนการย่อยสลายอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน	4
1.2 แสดงขั้นตอนการย่อยสลายอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน และสารที่เกิดขึ้น	7
1.3 รูปแบบจำลองการเกิดฟิล์มชีวะ	12
2.1 รายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ	24
2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ	24
2.3 ตัวกลางกรอง (Media) ในถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศ	25
3.1 ความเข้มข้นซีโอดีทางออกของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลา กักเก็บ 10 วัน	32
3.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะ เวลากักเก็บ 10 วัน	32
3.3 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะ เวลากักเก็บ 10 วัน	33
3.4 สภาพต่างของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน	34
3.5 ความเป็นกรด-ด่างของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน	34
3.6 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน	35
3.7 ความหนาของฟิล์มชีวะอัตราภาระบรรจุสารอินทรีย์ต่าง ๆ	35
3.8 ตัวอย่างความหนาฟิล์มชีวะที่แสดงด้วยเครื่อง SEM ด้วยกำลังขยาย 550 เท่าที่อัตราภาระบรรจุสารอินทรีย์ต่าง ๆ	36

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3.9 ความเข้มข้นซีไอดีของดั่งปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	38
3.10 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของดั่งปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศ ที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	38
3.11 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย สภาพความเป็นต่าง และปริมาณของแข็งระเหยง่ายของดั่งปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	39
3.12 ความเป็นกรด-ด่างของดั่งปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	40
3.13 ความหนาของฟิล์มชีวะที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	40
3.14 ตัวอย่างความหนาฟิล์มชีวะที่แสดงด้วยเครื่อง SEM ด้วยกำลังขยาย 550 เท่าระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	41
3.15 ความเข้มข้นซีไอดีทางออกของดั่งปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	43
3.16 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี ของดั่งปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	43
3.17 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายของดั่งปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	44
3.18 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายของดั่งปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	45
3.19 ปริมาณสภาพต่างของดั่งปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	45
3.20 ความเป็นกรด-ด่างของดั่งปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	46
3.21 ความหนาของฟิล์มชีวะที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	46
3.22 ตัวอย่างความหนาฟิล์มชีวะที่แสดงด้วยเครื่อง SEM ด้วยกำลังขยาย 550 เท่าที่พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	47
3.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง $(S_i - S_{e_i}) / (HRT \cdot X)$ กับ $(1/HRT)$	52

## รายการตารางผนวก

ตารางผนวก	หน้า
ก 1. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่ อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ	63
ก 2. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่ ระยะกักเก็บต่างๆ	68
ก 3. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่พื้นที่ ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองขนาดต่างๆ	71
ก 4. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่ อัตรา ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	73
ก 5. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่ ระยะเวลาที่เก็บที่สภาวะคงตัว	74
ก 6. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่พื้นที่ จำเพาะของตัวกลางกรองขนาดต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	75
ก 7. ความหนาฟิล์มชีวะที่เกาะบนตัวกลางกรองที่พารามิเตอร์ต่างๆ	76
ก 8. ผลวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์แบบ Nonlinear-regression สำหรับการทำนาย ประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศ โดยใช้ข้อมูลความเข้มข้นซีโอดีทาง เข้าและออก ระยะเวลาที่เก็บ	77
ก 9. ผลวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์แบบ Nonlinear-regression สำหรับการทำนาย ประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศ โดยใช้ข้อมูลความเข้มข้นซีโอดีทาง เข้าและออก ระยะเวลาที่เก็บและพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลาง กรอง	78

## ตัวย่อและสัญลักษณ์

Alkalinity	=	สภาพด่าง
COD	=	(Chemical oxygen demand) หมายถึงปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่สา ออกซิไดซ์ซึ่งต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำภายใต้สภาวะที่เป็นกรด
HRT	=	ระยะเวลาที่กักเก็บ (Hydraulic retention time)
pH	=	ความเป็นกรด-ด่าง
S.D.	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SEM	=	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning electron microscopy)
VFA	=	กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid)
VSS	=	ของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (Volatile suspended solid)
กก.	=	กิโลกรัม
กก. ซีโอดี/วัน	=	กิโลกรัมซีโอดีต่อวัน
มก./ล.	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
cu.cm.	=	ลูกบาศก์เซนติเมตร
cu.m.	=	ลูกบาศก์เมตร
kg.COD/cu.m.-day	=	กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน
l/day	=	ลิตรต่อวัน
mg/cm <sup>2</sup> day	=	มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน
mg/l	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
mg/l CaCO <sub>3</sub>	=	มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูป CaCO <sub>3</sub>
mg/l CH <sub>3</sub> COOH	=	มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูป CH <sub>3</sub> COOH
μm	=	ไมครอน
%	=	เปอร์เซ็นต์