

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(9)
รายการตารางผนวก	(11)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(12)
บทที่	
1. บทนำ	
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	16
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	16
ขอบเขตการวิจัย	16
2. วิธีการวิจัย	
วัสดุที่ใช้ในการวิจัย	17
อุปกรณ์	17
วิธีดำเนินการวิจัย	20
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์	
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศ	23
อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic loading rate)	23
ระยะเวลากักเก็บ (Hydraulic retention time)	29
พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรอง (Specific surface area of media)	35
สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์	42
แบบจำลองฟิล์มชีวะในถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศ	45

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
บทสรุป	55
ข้อเสนอแนะ	57
5. บรรณานุกรม	58
6. ภาคผนวก	62
7. ประวัติผู้เขียน	82

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. ขั้นตอนการเกิดผลผลิตจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน	5
2. สมการปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน	6
3. องค์ประกอบและสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์	18
4. ขนาดถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศ	19
5. สมบัติของตัวกลางกรอง (Media properties)	19
6. รายละเอียดการวิเคราะห์	22
7. ผลการทดลองเฉลี่ยภายใต้สภาวะคงตัวที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ	24
8. ผลการทดลองเฉลี่ยภายใต้สภาวะคงตัวที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	30
9. ผลการทดลองเฉลี่ยภายใต้สภาวะคงตัวที่พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองขนาดต่างๆ	36
10. อัตราการฟุ้งของฟิล์มชีวะ ในถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองขนาดต่างๆ	38
11. เปรียบเทียบสมการทางคณิตศาสตร์จากการศึกษาทดลองและสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียชนิดต่าง ๆ	44
12. ผลการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ที่ระยะเวลากักเก็บ 8 วัน โดยใช้สมการ $S_c = 8.7 \times 10^{-14} S_i^{4.78} HRT^{-2.65}$	44
13. ผลการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ที่ระยะเวลากักเก็บ 8 วัน โดยใช้สมการ $S_c = 5.44 \times 10^{-17} S_i^{4.49} HRT^{-2.43} A_{sp}^{2.08}$	45
14. ผลของฟลักซ์สารอาหาร สัมประสิทธิ์การผลิตได้ของชีวมวล และ ความหนาแน่นของจุลินทรีย์	49
15. ผลการคำนวณอัตราการฟุ้งของฟิล์มชีวะ	51
16. การคำนวณความหนาฟิล์มชีวะ โดยสมการ Rittman and McCarty (1980a)	53
17. ผลความหนาฟิล์มชีวะที่คำนวณได้กับความหนาของฟิล์มชีวะที่วัดจากเครื่อง SEM	54
18. อิทธิพลของค่าพารามิเตอร์ต่อค่าตัวแปรต่างๆในสมการของ Rittman และ McCarty (1980a)	56

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. แผนภาพแสดงการย่อยสลายทั้ง 3 ขั้นตอนแบบแสดงปริมาณสารที่เกิดขึ้น	4
2. แผนภาพแสดงการย่อยสลายทั้ง 3 ขั้นตอนอย่างง่าย	5
3. รูปแบบจำลองการเกิดฟิล์มชีวะ	9
4. รายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ	20
5. ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ	20
6. ตัวกลางกรอง (Media) ในถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศ	21
7. ความเข้มข้นซีโอดีทางออกของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลา กักเก็บ 10 วัน	25
8. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลา กักเก็บ 10 วัน	25
9. ปริมาณครดไขมันระเหยง่ายของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลา กักเก็บ 10 วัน	26
10. สภาพค่างของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน	27
11. ความเป็นกรด-ค่างของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน	27
12. ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน	28
13. ความหนาของฟิล์มชีวะอัตราภาระบรรจุทุกสารอินทรีย์ต่าง ๆ	29
14. ตัวอย่างความหนาฟิล์มชีวะที่แสดงด้วยเครื่อง SEM ด้วยกำลังขยาย 550 เท่า ที่อัตราภาระบรรจุทุกสารอินทรีย์ต่าง ๆ	29

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
15. ความเข้มข้นซีโอดีของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	32
16. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	32
17. ปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย สภาพความเป็นด่าง และปริมาณของแข็งระเหยง่ายของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	33
18. ความเป็นกรด-ด่างของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	34
19. ความหนาของฟิล์มชีวะที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	34
20. ตัวอย่างความหนาฟิล์มชีวะที่แสดงด้วยเครื่อง SEM ด้วยกำลังขยาย 550 เท่าที่ระยะเวลาพักเก็บต่าง ๆ	35
21. ความเข้มข้นซีโอดีทางออกของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	37
22. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	37
23. ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	38
24. ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	39
25. ปริมาณสภาพด่างของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	39
26. ความเป็นกรด-ด่างของถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	40
27. ความหนาของฟิล์มชีวะที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	41
28. ตัวอย่างความหนาฟิล์มชีวะที่แสดงด้วยเครื่อง SEM ด้วยกำลังขยาย 550 เท่าที่พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองต่าง ๆ	41
29. ความสัมพันธ์ระหว่าง $(S_1 - S_2)/(HRT \cdot X)$ กับ $(1/HRT)$	50

## รายการตารางผนวก

ตารางผนวก	หน้า
1. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่ อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ	63
2. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่ ระยะกักเก็บต่างๆ	65
3. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่ พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางกรองขนาดต่างๆ	68
4. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่ อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	70
5. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่ ระยะเวลากักเก็บที่สภาวะคงตัว	71
6. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศที่ พื้นที่จำเพาะของตัวกลางกรองขนาดต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	72
7. ความหนาฟิล์มชีวะที่เกาะบนตัวกลางกรองที่พารามิเตอร์ต่างๆ	73
8. ผลวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์แบบ Nonlinear-regression สำหรับการทำนาย ประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศ โดยใช้ข้อมูลความ เข้มข้นซีโอดีทางเข้าและออก ระยะเวลากักเก็บ	74
9. ผลวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์แบบ Nonlinear-regression สำหรับการทำนาย ประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองไร้อากาศ โดยใช้ข้อมูลความ เข้มข้นซีโอดีทางเข้าและออก ระยะเวลากักเก็บและพื้นที่ผิวจำเพาะของตัว กลางกรอง	75

## ตัวย่อและสัญลักษณ์

COD	= (Chemical oxygen demand) หมายถึงปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ โดยอาศัยหลักการที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดสามารถถูกออกซิไดซ์ โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรด
pH	= ความเป็นกรด-ด่าง
VSS	= ของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (Volatile suspended solid)
VFA	= กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid)
Alkalinity	= สภาพด่าง
HRT	= ระยะเวลาที่กักเก็บ (Hydraulic retention time)
mg/l	= มิลลิกรัมต่อลิตร
mg/l CH <sub>3</sub> COOH	= มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูป CH <sub>3</sub> COOH
mg/l CaCO <sub>3</sub>	= มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูป CaCO <sub>3</sub>
kg.COD/cu.m.-day	= กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน
l/day	= ลิตรต่อวัน
μm	= ไมครอน
%	= เปอร์เซ็นต์
mg/cm <sup>2</sup> day	= มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน
day <sup>-1</sup>	= วัน <sup>-1</sup>
cu.m.	= ลูกบาศก์เมตร
cu.cm.	= ลูกบาศก์เซนติเมตร
S.D.	= ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SEM	= กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning electron microscopy)
มก./ล.	= มิลลิกรัมต่อลิตร
กก.	= กิโลกรัม
กก. ซีโอดี/วัน	= กิโลกรัมซีโอดีต่อวัน