

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฉ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.2 ขอบเขตการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กลไกการย่อยสารอินทรีย์ในระบบบำบัดแบบไร้อากาศ	3
2.1.1 ไฮโดรไลซิส (hydrolysis)	4
2.1.2 การสร้างกรด (acidogenesis)	4
2.1.3 อะซิโตเจเนซิส (acetogenesis)	4
2.1.4 การสร้างมีเทน (methanogenesis)	5
2.2 แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ	6
2.2.1 แบคทีเรียสร้างกรด (acidogenic bacteria)	6
2.2.2 แบคทีเรียสร้างกรดอะซิติก (acetogenic bacteria)	6
2.2.3 แบคทีเรียสร้างมีเทน (methanogenic bacteria)	7
2.2.4 แบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต (sulfate reducing bacteria)	8
2.3 ปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อการทำงานของแบคทีเรีย	

2.3.1 อุณหภูมิ	9
2.3.2 พีเอช	9
2.3.3 กรดไขมันระเหยและสภาพต่าง	10
2.3.4 อาหารเสริม	10
2.3.5 สารพิษ	11
2.4 ระบบยูเอเอสบี	13
2.4.1 ความเป็นมาของระบบยูเอเอสบี	13
2.4.2 หลักการทำงานของระบบยูเอเอสบี	14
2.4.3 ลักษณะการทำงานของระบบยูเอเอสบี	15
2.4.4 การรักษาปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ (immobilization)	15
2.4.5 การกระจายน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์	16
2.4.6 อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์	16
2.4.7 ตะกอนเริ่มต้น (seed sludge)	16
2.4.8 ความเร็วไหลขึ้นของของเหลว (liquid upflow velocity)	16
2.4.9 ความเร็วในการจมตัวของตะกอนจุลินทรีย์	16
2.4.10 ระยะเวลาเก็บกักน้ำ	17
2.4.11 ปริมาณตะกอนเริ่มต้น	17
2.5 ข้อดีและข้อเสียของระบบยูเอเอสบี	17
2.5.1 ข้อดี	17
2.5.2 ข้อเสีย	17
2.6 กระบวนการเกิดเม็ดตะกอน (granulation process)	18
2.6.1 Acclimation Phase	18
2.6.2 Granulation Phase	18
2.6.3 Maturation Phase	18
2.7 กลไกและแบบจำลองในกระบวนการเกิดเม็ดตะกอนของระบบยูเอเอสบี	19
2.8 ลักษณะของเม็ดตะกอน	21
2.9 สรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้อง	21

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	26
3.1 ขอบเขตการศึกษา	26
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	26
3.2.1 แบบจำลองถึงปฏิกิริยาของเอสบี	26
3.2.2 อุปกรณ์วัดก๊าซชีวภาพ	28
3.2.3 น้ำเสีย และถังพักน้ำเสีย	29
3.2.4 เครื่องสูบน้ำเสีย	29
3.2.5 การเริ่มต้นระบบ	30
3.2.6 การเพิ่มความเข้มข้นอ็อกซิเจน	30
3.3 ตำแหน่งและความถี่ของการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์	30
3.4 สถานที่ที่ใช้วิจัยและรวบรวมข้อมูล	32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง	33
4.1 ผลการเริ่มต้นระบบ	33
4.1.1 อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์และประสิทธิภาพซีโอดี	33
4.1.2 ปริมาณก๊าซชีวภาพ	35
4.1.3 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย	36
4.1.4 พีเอช ความเป็นด่างรวมและกรดไขมันระเหยง่าย	38
4.1.5 ขนาดเม็ดตะกอน และความเข้มข้นของตะกอนตามความสูง	41
4.2 ผลการเติมแคลเซียมอ็อกซิเจน	45
4.2.1 แคลเซียม และแมกนีเซียมอ็อกซิเจนในถังควบคุม	45
4.2.2 แคลเซียมอ็อกซิเจน และแมกนีเซียมอ็อกซิเจนในถังที่เติมแคลเซียมอ็อกซิเจน	46
4.2.3 การกำจัดซีโอดีในถังที่เติมแคลเซียมอ็อกซิเจน	47
4.2.4 ก๊าซชีวภาพ และองค์ประกอบก๊าซในถังที่เติมแคลเซียม	50
4.2.5 ของแข็งแขวนลอย ละของแข็งแขวนลอยระเหย	52
4.2.6 พีเอช อุณหภูมิ ความเป็นด่างรวมและกรดไขมันระเหยง่าย	53
4.3 ผลการทดลองเติมแมกนีเซียมอ็อกซิเจน	57
4.3.1 แคลเซียมอ็อกซิเจน และแมกนีเซียมอ็อกซิเจนในถังที่เติมแมกนีเซียมอ็อกซิเจน	57
4.3.2 การกำจัดซีโอดีในถังที่เติมแมกนีเซียมอ็อกซิเจน	58

4.3.3	ก๊าซชีวภาพ และองค์ประกอบก๊าซ	61
4.3.4	ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย	62
4.3.5	ฟิเช ความเป็นด่างทั้งหมดและกรดไขมันระเหยง่าย	64
4.4	ตะกอนในระบบที่เติมแคลเซียม และแมกนีเซียม	68
4.4.1	ขนาด และลักษณะเม็ดตะกอน	68
4.4.2	ชั้นตะกอนตามความสูงของถังปฏิกิริยา	74
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษา	78
5.1	สรุปผลการศึกษา	78
5.2	ข้อเสนอแนะ	78
	เอกสารอ้างอิง	79
	ภาคผนวก	82
	ภาคผนวก ก	83
	ภาคผนวก ข	91
	ประวัติผู้เขียน	108

สารบัญตาราง

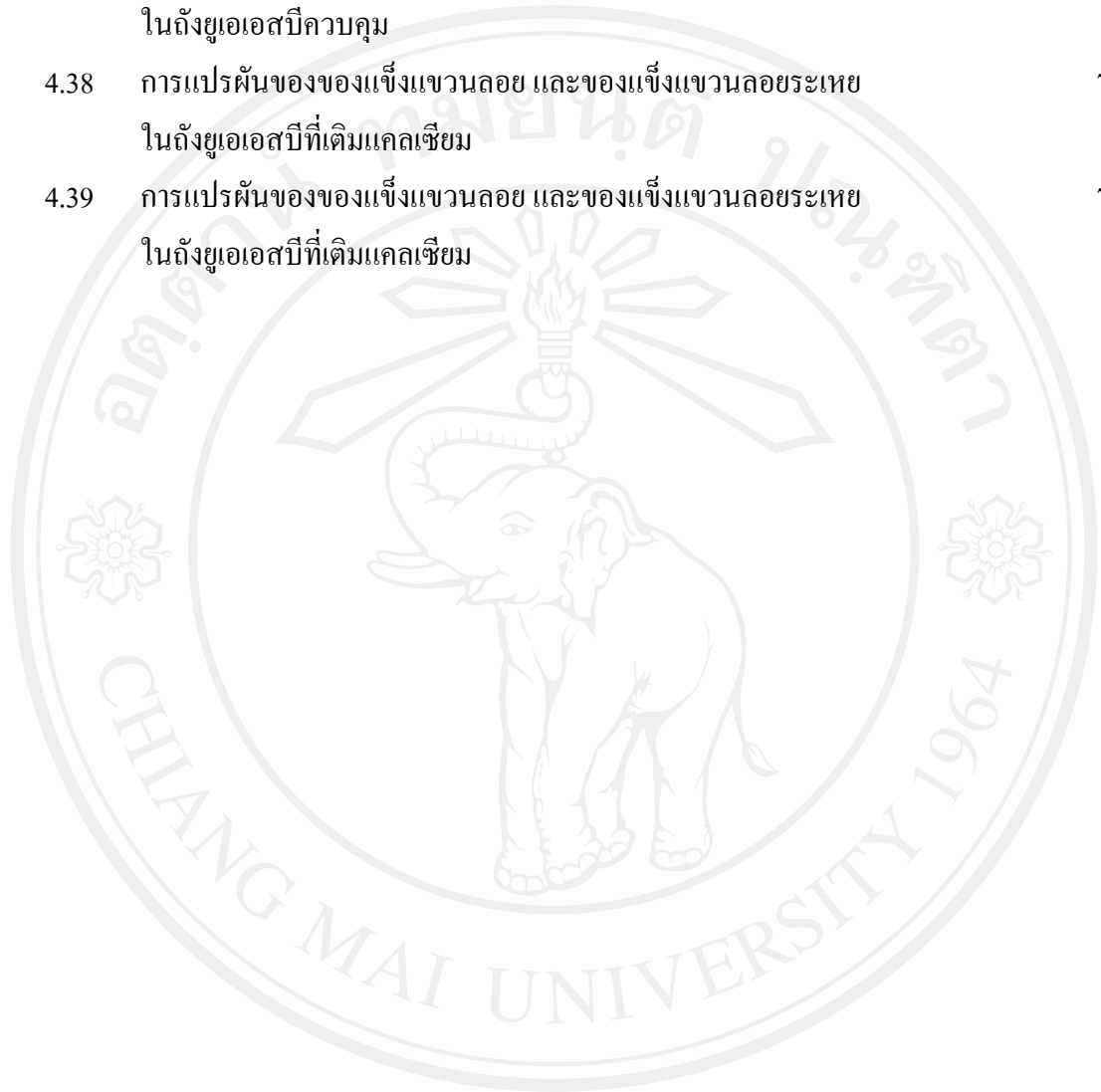
ตาราง		หน้า
2.1	สารอาหารที่แบคทีเรียสร้างมีเทนนำไปใช้ได้	8
2.2	ความเข้มข้นที่กระตุ้นและยับยั้งของอีออนบวก	12
2.3	ผลของแอมโมเนียในโตรเจนที่มีต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน	13
3.1	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์	31
4.1	ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยในถังที่เติมแคลเซียม	50
4.2	องค์ประกอบก๊าซชีวภาพในถังที่เติมแคลเซียม	51
4.3	ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยในถังที่เติมแคลเซียม	61
4.4	องค์ประกอบก๊าซชีวภาพในถังที่เติมแคลเซียม	62
4.5	มวลของแฉ่งแขวนลอย และของแฉ่งแขวนลอยระเหยในถังยูเอเอสบีรวม ที่ความสูง 0-2.8 ม.	77

สารบัญภาพ

รูป		หน้า
2.1	กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยกระบวนการไร้อากาศ	3
2.2	ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี	14
2.3	กระบวนการเกิดเม็ดตะกอน	18
2.4	การเกิดเม็ดตะกอนแบบ Inert Nuclei Model	19
2.5	การเกิดเม็ดตะกอนแบบ Multi-valance Positive Ion-boding Model	19
2.6	การเกิดเม็ดตะกอนแบบ Polymer or Filament Bonding Model	19
3.1	ลักษณะการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ของการทดลอง	27
3.2	ภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	28
3.3	ภาพถ่ายอุปกรณ์วัดก๊าซชีวภาพ	29
3.4	เครื่องสูบน้ำเสีย	29
3.5	จุดตรวจสอบขนาดเม็ดตะกอนบนแผ่นสไลด์	32
4.1	การเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์	33
4.2	การแปรผันค่าซีไอดี และซีไอดีกรองในช่วงเริ่มต้นระบบ	34
4.3	ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้นระบบ	35
4.4	การแปรผันของค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในช่วงเริ่มต้นระบบ	36
4.5	การแปรผันของค่าพีเอชในช่วงเริ่มต้นระบบ	38
4.6	ค่าความต่างทั้งหมด กรดไขมันระเหยง่าย และอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันระเหยง่ายต่อความเป็นด่างรวมในช่วงเริ่มต้นระบบ	39
4.7	การแปรผันขนาดเม็ดตะกอน	41
4.8	การแปรผันของของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหยในถังยูเอเอสบีควบคุม	43
4.9	การแปรผันของของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหยในถังยูเอเอสบีที่เติมแคลเซียม	43

4.10	การแปรผันของของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหยใน ถังยูเอเอสพีที่เติมแคลเซียม	44
4.11	ความเข้มข้นแคลเซียม และแมกนีเซียมออกไซด์ในถังปฏิกรณ์ที่ 1 (ถังควบคุม)	45
4.12	ความเข้มข้นแคลเซียมและแมกนีเซียมออกไซด์ในถังปฏิกรณ์ที่ 2 (เติมแคลเซียมออกไซด์)	46
4.13	การแปรผันของซีโอดี และซีโอดีกรองในถังที่เติมแคลเซียมออกไซด์	47
4.14	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในถังที่เติมแคลเซียม	48
4.15	การแปรผันปริมาณก๊าซชีวภาพ	50
4.16	การแปรผันของค่าของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหยใน ถังที่เติมแคลเซียมออกไซด์	52
4.17	การแปรผันของพีเอชในถังเติมแคลเซียมออกไซด์	53
4.18	การแปรผันของอุณหภูมิในถังเติมแคลเซียมออกไซด์	54
4.19	การแปรผันของความเป็นด่างรวมในถังเติมแคลเซียม	55
4.20	การแปรผันของกรดไขมันระเหยง่ายในถังเติมแคลเซียม	56
4.21	การแปรผันของอัตราส่วน กรดไขมันระเหยง่ายต่อความเป็นด่างรวม	57
4.22	ความเข้มข้นแคลเซียมและแมกนีเซียมออกไซด์ในถังปฏิกรณ์ที่ 3 (เติมแมกนีเซียมออกไซด์)	58
4.23	การแปรผันของซีโอดีกรองในถังที่เติมแมกนีเซียมออกไซด์	59
4.24	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในถังเติมแมกนีเซียม	60
4.25	การแปรผันปริมาณก๊าซชีวภาพ	61
4.26	การแปรผันของค่าของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหยในถังที่เติม แมกนีเซียมออกไซด์	63
4.27	การแปรผันของพีเอช	64
4.28	การแปรผันอุณหภูมิในถังเติมแมกนีเซียม	65
4.29	การแปรผันของความเป็นด่างทั้งหมดในถังเติมแมกนีเซียมออกไซด์	66
4.30	การแปรผันของกรดไขมันระเหยง่ายในถังเติมแมกนีเซียมออกไซด์	67
4.31	การแปรผันของอัตราส่วน กรดไขมันระเหยง่ายต่อความเป็นด่างรวม	68
4.32	การเปลี่ยนแปลงขนาดเม็ดตะกอน	69
4.33	ภาพถ่ายขนาดเม็ดตะกอน	71
4.34	ลักษณะ และรายละเอียดของตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ที่ 1	72
4.35	ลักษณะ และรายละเอียดของตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ที่ 2	73

4.36	ลักษณะ และรายละเอียดของตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาที่ 3	73
4.37	การแปรผันของของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหย ในถังยูเอเอสบีความคุม	74
4.38	การแปรผันของของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหย ในถังยูเอเอสบีที่เติมแคลเซียม	75
4.39	การแปรผันของของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหย ในถังยูเอเอสบีที่เติมแคลเซียม	76



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์

กก.	กิโลกรัม
กก.ชีโอดี/(ม ³ · วัน)	กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ชม.	ชั่วโมง
°ซ	องศาเซลเซียส
ชม.	เซนติเมตร
ล.	ลิตร
ล./วัน	ลิตรต่อวัน
ม.	เมตร
มล.	มิลลิลิตร
มก./ล.	มิลลิกรัมต่อลิตร
มล./วัน	มิลลิลิตรต่อวัน
CH ₄	Methane
CO ₂	Carbondioxide
COD	Chemical Oxygen Demand
d	Day
FCOD	Filterable Chemical Oxygen Demand
GSS	Gas-Solids Separator
HRT	Hydraulic Retention Time
H ₂	Hydrogen
H ₂ S	Hydrogen Sulfide
mg/L	Milligram per litre
OLR	Organic Loading Rate
SS	Suspended Solids