

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพประกอบ	ฎ
อักษรย่อ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ชีวิตเคมีและจุลชีววิทยาของกระบวนการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจน	3
2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน	9
2.3 รูปแบบถังหมักแบบไร้ออกซิเจน	16
2.4 ปริมาณก๊าซชีวภาพและเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	22
2.5 สัญญาณเตือนถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระบบย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน	24
2.6 มูลฝอยชุมชนและการแบ่งประเภทของระบบหมักมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจน	26
2.7 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	32
3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	32
3.2 มูลฝอยที่นำมาใช้ในการศึกษา	39
3.3 การดำเนินการศึกษา	41
3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง	43
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา	46
4.1 ข้อมูลการเดินระบบ	46
4.2 ผลการศึกษาและวิจารณ์	49
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	87
5.1 สรุปผลการศึกษา	87

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาเพิ่มเติม	88
เอกสารอ้างอิง	89
ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบจากการทดลอง	94
ภาคผนวก ข การคำนวณอัตราการสร้างกรด	141
ภาคผนวก ค การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่ละลายน้ำ	145
ประวัติผู้เขียน	149

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 สารพิษที่ยับยั้งการทำงานของระบบชีววิทยาในการสร้างก๊าซมีเทน	14
2.2 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของก๊าซมีเทน	23
2.3 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตออกมาได้จากสารอินทรีย์ของเสียต่าง ๆ	24
3.1 ลักษณะมูลฝอยจากสถานีขนถ่ายเทศบาลเมืองนครเชียงใหม่	40
3.2 สถานะการดำเนินการศึกษาในถังสร้างกรด	42
3.3 สถานะการดำเนินการศึกษาในถังสร้างก๊าซมีเทน	42
3.4 รายละเอียดของการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง	44
3.5 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง	45
4.1 ผลการทดลองที่สถานะคงตัวของการทดลองทั้งหมด	48
4.2 สภาพค้างทั้งหมดของระบบที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของถังสร้างกรดต่าง ๆ	56
4.3 กรดระเหยง่ายของระบบที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของถังสร้างกรดต่าง ๆ	58
4.4 อัตราส่วนระหว่างกรดระเหยง่ายต่อสภาพค้างไปคาร์บอนของระบบ ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของถังสร้างกรดต่าง ๆ	59
4.5 อัตราการผลิตกรดระเหยง่าย	60
4.6 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของถังสร้างกรดต่าง ๆ	66
4.7 ของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหย	75
4.8 ซีโอดีทั้งหมด ซีโอดีกรองและบีโอดีของน้ำซึมจากลานตากตะกอน	76
4.9 ค่าเฉลี่ยเจดาคัลไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สถานะคงตัว	78
4.10 ปริมาณน้ำซึมสะสมจากลานตากตะกอน ปริมาณน้ำใช้ผสมมูลฝอยและปริมาณน้ำ ระเหย	83
4.11 ลักษณะสมบัติต่าง ๆ ของตะกอนแห้ง	86

สารบัญภาพประกอบ

รูป	หน้า
2.1 การทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน	4
2.2 แสดงการทำงานของจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เกิดก๊าซมีเทน	7
2.3 ผลของอุณหภูมิในการผลิตก๊าซชีวภาพในระบบย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน	10
2.4 ถังหมักข้าวแบบลูกลอย	17
2.5 ถังหมักข้าวแบบโดมคงที่	18
2.6 ถังหมักข้าวแบบราง	19
2.7 ถังหมักไร้ออกซิเจนแบบยูเอสบี	20
2.8 ถังหมักแบบไร้ออกซิเจนแบบถังกรองไร้อากาศ	21
3.1 ไคอะแกรมการดำเนินการวิจัยการหมักมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจนชนิดสองขั้นตอน	33
3.2 แบบถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทน	34
3.2 แบบถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)	35
3.2 แบบถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทน (ต่อ)	36
3.3 รูปถ่ายแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	37
3.4 ท่อรับน้ำซึมภายในลานตากตะกอน	38
3.5 ถังรับน้ำซึมจากลานตากตะกอน	38
3.6 ก๊าซมิเตอร์	39
3.7 มวลฝอยที่ใช้ในการทดลอง	40
3.7 มวลฝอยที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)	41
4.1 การแปรผันของค่าซีไอดี ก๊าซชีวภาพและกรดระเหยง่ายในการทดลองที่ 1	50
4.2 อุณหภูมิของการทดลองที่ 1 อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถังสร้างกรด 5 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	51
4.3 อุณหภูมิของการทดลองที่ 2 อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถังสร้างกรด 15 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	51
4.4 อุณหภูมิของการทดลองที่ 3 อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถังสร้างกรด 25 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	52
4.5 พีเอชของการทดลองที่ 1 อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถังสร้างกรด 5 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	53
4.6 พีเอชของการทดลองที่ 2 อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถังสร้างกรด 15 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	53
4.7 พีเอชของการทดลองที่ 3 อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถังสร้างกรด 25 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	54
4.8 สภาพค่างทั้งหมดของการทดลองที่ 1 ที่อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถังสร้างกรด 5 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	55

รูป	หน้า
4.9 สภาพต่างทั้งหมดของการทดลองที่ 2 ที่อัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด 15 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	55
4.10 สภาพต่างทั้งหมดของการทดลองที่ 3 ที่อัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด 25 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	56
4.11 กรดระเหยง่ายของการทดลองที่ 2 ที่อัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด 15 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	57
4.12 กรดระเหยง่ายของการทดลองที่ 3 ที่อัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด 25 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	58
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสร้างกรดและอัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด ต่าง ๆ	61
4.14 ปริมาณก๊าซชีวภาพ องค์ประกอบก๊าซชีวภาพในถึงสร้างกรดและถึงสร้างก๊าซมีเทน ที่ อัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ถึงสร้างกรด 5 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	63
4.15 ปริมาณก๊าซชีวภาพ องค์ประกอบก๊าซชีวภาพในถึงสร้างกรดและถึงสร้างก๊าซมีเทน ที่ อัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ถึงสร้างกรด 15 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	64
4.16 ปริมาณก๊าซชีวภาพ องค์ประกอบก๊าซชีวภาพในถึงสร้างกรดและถึงสร้างก๊าซมีเทน ที่ อัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ถึงสร้างกรด 25 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	65
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ถึงสร้างกรด กับปริมาณก๊าซ ที่เกิดขึ้น	68
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ถึงสร้างกรด กับอัตราการเกิดก๊าซ	68
4.19 ของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยที่อัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด 5 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	71
4.20 ของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยที่อัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด 15 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	72
4.21 ของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยที่อัตราการระบายรทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด 25 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	73
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการลดลงของของแข็งระเหย กับอัตราการระบายรทุก สารอินทรีย์ถึงสร้างกรด	74

รูป	หน้า
4.23 ซีโอดีทั้งหมด ซีโอดีกรองและบีโอดีของน้ำซึมจากลานตากตะกอนตลอดการทดลอง	77
4.24 เจดาคัลไนโตรเจนของระบบตลอดการทดลอง	79
4.25 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของระบบตลอดการทดลอง	80
4.26 ค่าฟอสฟอรัสของระบบตลอดการทดลอง	81
4.27 ลักษณะของมูลฝอยภายในถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทน	82
4.28 ลักษณะของน้ำซึมออกจากลานตากตะกอน	83
4.29 ปริมาณน้ำสะสมต่าง ๆ ที่อัตราการระบายทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด 5 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	84
4.30 ปริมาณน้ำสะสมต่าง ๆ ที่อัตราการระบายทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด 15 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	84
4.31 ปริมาณน้ำสะสมต่าง ๆ ที่อัตราการระบายทุกสารอินทรีย์ ถึงสร้างกรด 25 กก.VS/(ม. ³ -วัน)	85

อักษรย่อ

กก.	กิโลกรัม
กก.VS/(ม. ³ วัน)	กิโลกรัมของสารที่เผาไหม้ได้ต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน
กก./ล.วัน)	กิโลกรัมต่อลิตรต่อวัน
ชม.	ชั่วโมง
ชม.	เซนติเมตร
°ซ	องศาเซลเซียส
ม.	เมตร
มม.	มิลลิเมตร
มล.	มิลลิลิตร
มก./ล.	มิลลิกรัมต่อลิตร
ล./กก.	ลิตรต่อกิโลกรัม
ล.	ลิตร
ล./วัน	ลิตรต่อวัน
BA	Bicarbonate Alkalinity
Ca ₂ CO ₃	Calcium Carbonate
CH ₄	Methane
CO ₂	Carbondioxide
COD	Chemical Oxygen Demand
cm.	centimeter
FCOD	Filterable Chemical Oxygen Demand
H ₂	Hydrogen
H ₂ S	Hydrogen Sulfide
kg.VS/(ม. ³ -d)	kilogram of volatile solid per cubic metre per day
l.	Litre
l./d.	Litre per day
mg./l.	milligram per litre
mg./l as Ca ₂ CO ₃	milligram per litre as Calcium Carbonate

N	Nitrogen
N ₂	Nitrogen gas
NH ₃	Ammonia
O ₂	Oxygen
OLR	Organic Loading Rate
P	Phosphorus
SO ₄ ⁻²	Sulfate
TA	Total Alkalinity
TVA	Total Volatile Acid
TCOD	Total Chemical Oxygen Demand
TKN	Total Kjeldahl Nitrogen
TP	Total Phosphorus
TS	Total Solids
VFA	Volatile Fatty Acid
VS	Volatile Solids
VSF	Volatile Solids Feed