

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ประเภทของการหมัก	4
2.2 กระบวนการหมักหรือย่อยสลายสารอินทรีย์	5
2.3 วิธีการเติมอากาศให้แก่กองปุ๋ยหมัก	14
2.4 วิธีการหมักปุ๋ยอินทรีย์รูปแบบต่างๆ	17
2.5 การประเมินการได้ที่ของปุ๋ยหมัก	20
2.6 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548	24
2.7 ตัวอย่างถังหมักมูลฝอยภายในบ้านเรือน	26
2.8 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	38
3.1 รูปแบบการทดลอง	38
3.2 การดำเนินการทดลอง	38
3.3 การเก็บตัวอย่าง	50
3.4 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง	55
3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ	56

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	57
4.1 ลักษณะสมบัติของวัสดุหมักเริ่มต้นและปริมาณของวัสดุหมักที่เดิม	57
4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักช่วงเดิมวัสดุหมัก	57
4.3 การเปลี่ยนแปลงของลักษณะสมบัติของวัสดุหมักช่วงหลังเดิม วัสดุหมักเต็มถัง	62
4.4 ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก	110
4.5 การลดลงของมวล และการกระจายของขนาดปฏีหมักที่ได้ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	112
4.6 การประเมินผลของการเติมอากาศแบบแพสซีฟในรูปแบบต่างๆ	114
4.7 ลักษณะสมบัติของปฏีหมักที่ได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก	119
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	123
5.1 สรุปผลการศึกษา	123
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป	124
เอกสารอ้างอิง	125
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก อุณหภูมิของวัสดุหมักช่วงเดิมวัสดุหมัก	130
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบทางด้านสถิติโดย One-way-ANOVA	132
ภาคผนวก ค ลักษณะสมบัติของวัสดุหมักช่วงหลังเดิมวัสดุหมักเต็มถัง	141
ภาคผนวก ง	170
ประวัติผู้เขียน	172

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แนวทางการตรวจสอบความได้ที่ความสิ้นสุดการหมักของปุ๋ยหมัก	
25	
3.1 รายละเอียดการศึกษาผลของการเติมอากาศแบบแพสซีฟที่มีรูปแบบแตกต่างกัน และเหตุผลในการศึกษา	49
3.2 รายละเอียดของการเก็บตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์วัสดุหมักช่วงก่อนเติมวัสดุหมักลงในถังหมัก	51
3.3 รายละเอียดของการเก็บตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์วัสดุหมักในถังหมักช่วงเติมวัสดุหมัก	51
3.4 รายละเอียดของการเก็บตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์วัสดุหมักในถังหมักช่วงหลังเติมวัสดุหมักเต็มถัง	52
3.5 รายละเอียดของการเก็บตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์คอมโพสท์เมื่อสิ้นสุดการหมัก	54
3.6 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างในแต่ละพารามิเตอร์	55
4.1 ลักษณะสมบัติของวัสดุหมัก	58
4.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของคอมโพสท์ทั้ง 6 ถัง	112
4.3 ขนาดของคอมโพสท์เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	114
4.4 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสมบัติต่างๆของคอมโพสท์เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	115

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาของการหมัก	6
2.2 การพลิกกลับกองหมัก	15
2.3 การเติมอากาศแบบใช้ปั๊มลมหรือเครื่องเติมอากาศในการหมักปุ๋ย แบบกองแถวสติด	16
2.4 การเติมอากาศโดยวิธีแพสซีฟ	16
2.5 การหมักแบบกองแถวพลิกกลับกอง	17
2.6 การหมักในถังปฏิกริยา	18
2.7 การหมักปุ๋ยแบบกองแถวสติดเติมอากาศโดยใช้เครื่องเติมอากาศ	19
2.8 การหมักแบบเติมอากาศบนพื้นแบบจีน	20
2.9 Al-Ko Aero-Therm	27
2.10 Aussie Rotter	28
2.11 Compost Tumbler	28
2.12 Compostabin	29
2.13 Compostainer	30
2.14 The earth machine	30
2.15 Biostack	31
3.1 เศษอาหารที่ใช้เป็นวัสดุหมัก	39
3.2 ใบไม้แห้งที่ใช้เป็นวัสดุหมัก	39
3.3 คอมโพสท์ที่ใช้เป็นปุ๋ยต่อเชื้อในกระบวนการหมัก	40
3.4 ขนาดของถังหมักใบที่ 1	41
3.5 ถังหมักใบที่ 1	41
3.6 ขนาดถังหมักใบที่ 2	42
3.7 ถังหมักใบที่ 2	42
3.8 ท่อระบายความร้อนแบบปล่อง	43

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 ขนาดของถังหมักใบที่ 3	44
3.10 ถังหมักใบที่ 3	44
3.11 ขนาดของถังหมักใบที่ 4	45
3.12 ถังหมักใบที่ 4	45
3.13 การติดตั้งท่อแอลดีพีอีในถังหมักใบที่ 5	46
3.14 ขนาดของถังหมักใบที่ 5	46
3.15 ถังหมักใบที่ 5	47
3.16 ขนาดของถังหมักใบที่ 6	47
3.17 ถังหมักใบที่ 6	48
3.18 วัสดุหมักที่ผสมแล้ว	49
4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูง วัสดุหมักทั้ง 6 ถัง ในช่วงที่มีการเติมวัสดุหมัก	58
4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1	63
4.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2	63
4.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3	64
4.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4	64
4.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5	65
4.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6	65
4.8 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1	67
4.9 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2	68
4.10 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3	68
4.11 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4	69
4.12 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5	69

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6	70
4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 1	71
4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 2	72
4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 3	73
4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 4	73
4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 5	74
4.19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าและของแข็งระเหยได้ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 6	75
4.20 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 1	76
4.21 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 2	77
4.22 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 3	77
4.23 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 4	78
4.24 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 5	78
4.25 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักแต่ละชั้นในถังหมักใบที่ 6	79
4.26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 1	80
4.27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 2	81

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 3	81
4.29 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 4	82
4.30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 5	82
4.31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 6	83
4.32 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 1	84
4.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 2	85
4.34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 3	85
4.35 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 4	86
4.36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 5	86
4.37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 6	87
4.38 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 1	88

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.39 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 2	89
4.40 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 3	89
4.41 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 4	90
4.42 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 5	91
4.43 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 6	91
4.44 การเปลี่ยนแปลงครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 1	93
4.45 การเปลี่ยนแปลงครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 2	93
4.46 การเปลี่ยนแปลงครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 3	94
4.47 การเปลี่ยนแปลงครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 4	94
4.48 การเปลี่ยนแปลงครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 5	95
4.49 การเปลี่ยนแปลงครรชนีการงอกของเมล็ดฝักกาดของวัสดุหมักแต่ละชั้น ในถังหมักใบที่ 6	96



## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.50 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูง ของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง	97
4.51 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูง ของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง	99
4.52 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของเถ้าที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูง ของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง	100
4.53 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งระเหยได้ที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูง ของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง	100
4.54 ร้อยละการลดลงของของแข็งระเหยได้ที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง	101
4.55 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของวัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูง ของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง	103
4.56 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของวัสดุหมักที่ ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง	104
4.57 ร้อยละการลดลงของคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ของ วัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง	104
4.58 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมักที่ตำแหน่ง กึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง	106
4.59 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุหมัก ที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถัง	106

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.60 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุหมัก ที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง	108
4.61 ร้อยละการลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนของ วัสดุหมักที่ตำแหน่งกึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง	108
4.62 การเปลี่ยนแปลงครรชนีการงอกของเมล็ดพืชกาดของวัสดุหมักที่ตำแหน่ง กึ่งกลางความสูงของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง	110
4.63 ร้อยละการลดลงของมวลของวัสดุหมักทั้ง 6 ถึง	113
4.64 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 1	121
4.65 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 2	121
4.66 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 3	121
4.67 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 4	121
4.68 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 5	121
4.69 ปุ๋ยหมักจากถังใบที่ 6	121

## อักษรย่อและสัญลักษณ์

ก.	กรัม
กก.	กิโลกรัม
ชม.	ชั่วโมง
ซม.	เซนติเมตร
ม.	เมตร
มม.	มิลลิเมตร
มก.	มิลลิกรัม
มก./ล.	มิลลิกรัมต่อลิตร
มก./ล.-ชม.	มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง
ล.	ลิตร
°ซ	องศาเซนติเกรด
cmol/Kg	เซ็นต์โมลต่อกิโลกรัม
meq/100 g	มิลลิอิกวาเลนซ์ต่อหนึ่งร้อยกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved