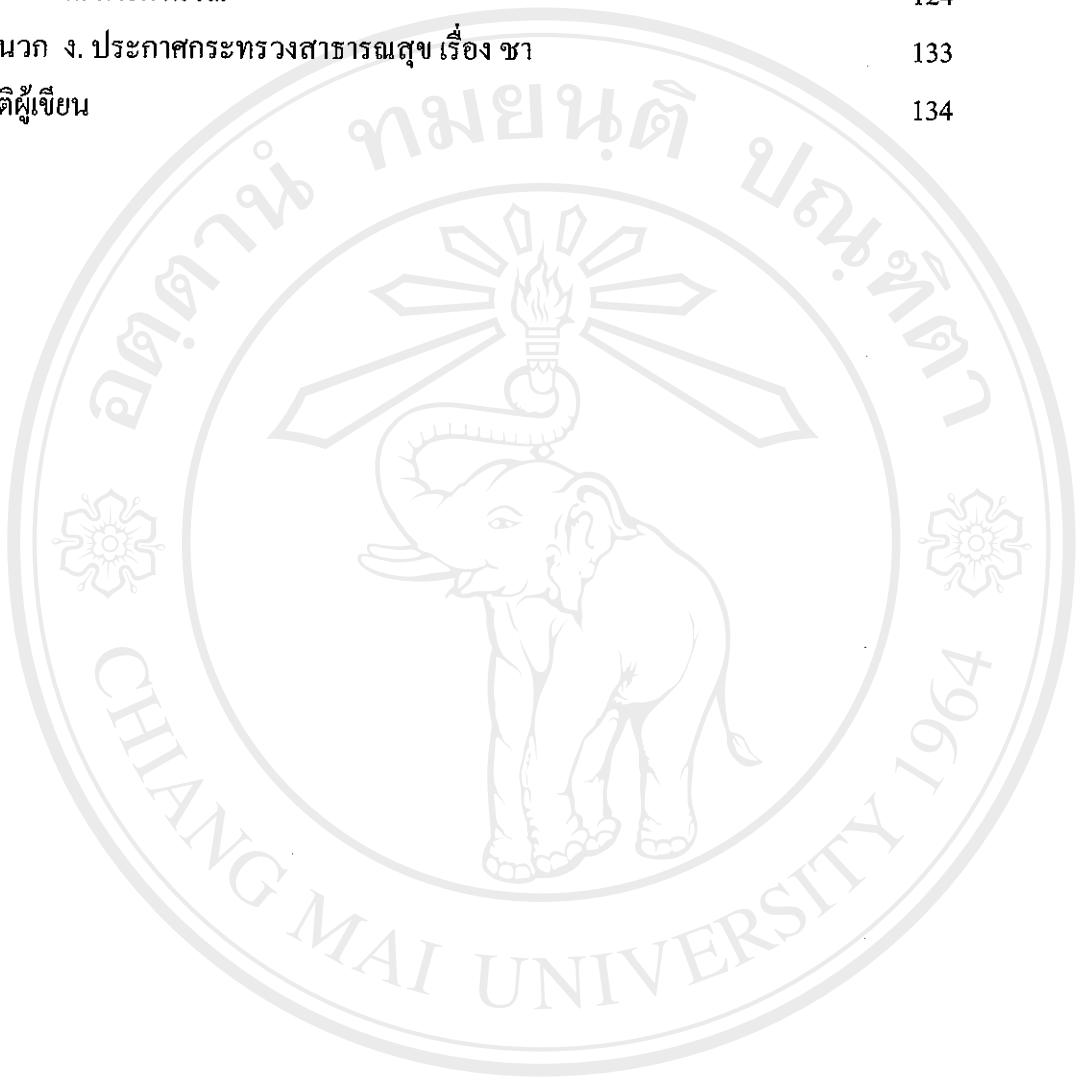
สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบาญ	ฉ
สารบาญตาราง	ซ
สารบาญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
- ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
- วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
บทที่ 2 งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	
- พลังงานแสงอาทิตย์	3
- การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	6
- ตัวรับรังสีทำอากาศร้อน	9
- หลักการอบแห้ง	11
- วอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity)	13
- สมุนไพร	14
- ปัจจัยชี้วัดคุณภาพ	21
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย	
- เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	26
- วิธีดำเนินงานวิจัย	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	42
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	100
เอกสารอ้างอิง	103
ภาคผนวก	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก. รูปประกอบการทดลอง 108
ภาคผนวก ข. ข้อมูลของการทดลอง 111
ภาคผนวก ค. การคำนวณ 124
ภาคผนวก ง. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ชา 133
ประวัติผู้เขียน 134



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 คุณลักษณะของชาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	24
4.1 ความเร็วลมและน้ำหนักต่อพื้นที่ที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	59
4.2 แสดงค่าสี (L*) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ	72
4.3 แสดงค่าสี (C*) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ	72
4.4 แสดงค่าสี (H°) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ	73
4.5 แสดงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์(A_w) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ	74
4.6 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหย(ml / 100g DW) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ	74
4.7 แสดงปริมาณเถ้าทั้งหมด(%) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 2 ระดับ	75
4.8 แสดงปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ(%) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระดับความเร็วลม 2 ระดับ	75
4.9 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด(log cfu / 1g sample)หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระดับความเร็วลม 2 ระดับ	76
4.10 แสดงปริมาณยีสต์และรา(log cfu / 1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระดับความเร็วลม 2 ระดับ	76
4.11 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มและอี.โคไล(MPN / 1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระดับความเร็วลม 2 ระดับ	77
4.12 แสดงค่าสี (L*) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก	78
4.13 แสดงค่าสี(C*) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก	78
4.14 แสดงค่าสี(h°) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบ	78

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก
4.15 แสดงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์(A_w) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก 79
4.16 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหย(ml / 100g DW) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก 80
4.17 แสดงปริมาณเถ้าทั้งหมด(%) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก 80
4.18 แสดงปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ(%) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก 81
4.19 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด(log cfu / 1g sample)หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก 81
4.20 แสดงปริมาณยีสต์และรา(log cfu / 1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก 82
4.21 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มและอี.โคไล(MPN / 1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำหนัก 2 น้ำหนัก 83
4.22 เปรียบเทียบค่าสี(L*) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 85
4.23 เปรียบเทียบค่าสี(C*) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 85
4.24 เปรียบเทียบค่าสี(H°) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 86
4.25 เปรียบเทียบค่าน้ำที่เป็นประโยชน์(A_w) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 87
4.26 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหย(ml / 100g DW) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิดโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 88
4.27 เปรียบเทียบปริมาณเถ้าทั้งหมด(%) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 89
4.28 เปรียบเทียบปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ(%) หลังการอบพืช สมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 90
4.29 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด(log cfu / 1g sample)ก่อนการอบพืชสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 91
4.30 แสดงปริมาณยีสต์และรา(log cfu / 1g sample)ก่อนการอบพืชสมุนไพร โดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 91

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.31 แสดงปริมาณโคลิฟอร์ม(MPN/1g sample)ก่อนการอบพืชสมุนไพร โดยใช้เครื่องอบแห้ง อบแห้ง 3 ชนิด 92

4.32 แสดงปริมาณอี. โคไล(MPN/1g sample)ก่อนการอบพืชสมุนไพร โดยใช้เครื่องอบแห้ง อบแห้ง 3 ชนิด 92

4.33 เปรียบเทียบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด(log cfu / 1g sample)หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 93

4.34 เปรียบเทียบปริมาณยีสต์และรา(log cfu / 1g sample)หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 94

4.35 เปรียบเทียบปริมาณโคลิฟอร์มและอี. โคไล(MPN / 1g sample) หลังการอบพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้เครื่องอบแห้ง 3 ชนิด 95

4.36 ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า 98

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญรูป

รูป	หน้า
2.1 กิจกรรมของเอนไซม์ ปฏิกิริยาเคมีและจุลินทรีย์ที่ค่า A_w ในระดับต่างๆ	14
2.2 แสดงกระบวนการผลิตสมุนไพรอบแห้ง (เลมอนไทม์, ยูเอสเอมิ้นท์, เปปเปอร์มิ้นท์)	25
3.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่พัฒนาขึ้นโดยภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	28
3.2 ลักษณะภายในเครื่อง (ช่องลมเข้าและออก)ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	28
3.3 ลักษณะตะแกรงที่ใช้ในการอบแห้งพืชสมุนไพร	29
3.4 เครื่องอบไฟฟ้าแบบถาด	29
3.5 เครื่องอบไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	30
4.1(a) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเลมอนไทม์ ที่ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 1 (1/5/47-11/5/47)	43
4.1(b) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเลมอนไทม์ ที่ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 2 (2/5/47-13/5/47)	44
4.2 (a) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเปปเปอร์มิ้นท์ ที่ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 1 (28/3/47-20/4/47)	44
4.2 (b) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเปปเปอร์มิ้นท์ ที่ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 2 (10/5/47-15/5/47)	45
4.3 (a) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของยูเอสเอมิ้นท์ ที่ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 1 (9/5/47-14/5/47)	45
4.3 (b) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของยูเอสเอมิ้นท์ ที่ความเร็วลม 1.5 m/s และ 1.8 m/s ของการอบครั้งที่ 2 (10/5/47-15/5/47)	46
4.4 (a) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอกของเลมอนไทม์	46
4.4 (b) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอกของเปปเปอร์มิ้นท์	47
4.4 (c) กราฟแสดงอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอกของยูเอสเอมิ้นท์	47
4.5 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการอบแห้งพืชสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	49
4.6 กราฟแสดงการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ในวันที่ 28/3/47 ที่ความเร็วลม	51

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 641.0051 W /m^2
4.7 กราฟแสดงการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ในวันที่ 29-30/3/47 ที่ความเร็วลม 51
1.5 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย616.5815 W /m^2
4.8 กราฟแสดงการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ในวันที่ 20/4/47 ที่ความเร็วลม 52
1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 688.273 W /m^2
4.9 กราฟแสดงการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ในวันที่ 21/4/47 ที่ความเร็วลม 52
1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 476.091W /m^2
4.10 กราฟแสดงการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ในวันที่ 9/5/47 ที่ความเร็วลม 54
1.5 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 569.727 W /m^2
4.11 กราฟแสดงการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ในวันที่ 10/5/47 ที่ความเร็วลม 54
1.5 m/s
4.12 กราฟแสดงการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ในวันที่ 14/5/47 ที่ความเร็วลม 55
1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 688.636 W /m^2 / วัน
4.13 กราฟแสดงการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ ในวันที่ 15/5/47 ที่ความเร็วลม 55
1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 569.913 W /m^2 / วัน
4 .14กราฟแสดงการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ในวันที่ 1/5/47 ที่ความเร็วลม 57
1.5 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 639.909 W /m^2 / วัน
4.15 กราฟแสดงการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ในวันที่ 2/5/47 ที่ความเร็วลม 57
1.5 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 674.72 W /m^2 / วัน
4.16 กราฟแสดงการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ในวันที่ 11/5/47 ที่ความเร็วลม 58
1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 716.758 W /m^2 / วัน
4.17 กราฟแสดงการลดความชื้นของเลมอนไทม์ ในวันที่ 13/5/47 ที่ความเร็วลม 58
1.8 m/s ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 712.545 W /m^2 / วัน
4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ในวันที่ 28/3/47 61
ที่ความเร็วลม 1.5 m/s
4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ ในวันที่ 61
29-30/3/47 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s
4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ 62
ในวันที่ 20/4/47 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s
4.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเปปเปอร์มิ้นท์ 62

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในวันที่ 21/4/47 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s
4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ 64
ในวันที่ 9/5/47 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s
4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ 64
ในวันที่ 10/5/47 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s
4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ 65
ในวันที่ 14/5/47 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s
4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของยูเอสเอมิ้นท์ 65
ในวันที่ 15/5/47 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s
4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเลมอนไทม์ 67
ในวันที่ 1/5/47 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s
4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเลมอนไทม์ 67
ในวันที่ 2/5/47 ที่ความเร็วลม 1.5 m/s
4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเลมอนไทม์ 68
ในวันที่ 11/5/47 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s
4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของเลมอนไทม์ 68
ในวันที่ 13/5/47 ที่ความเร็วลม 1.8 m/s
4.30 กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้ง ของเปปเปอร์มิ้นท์ และ 69
ความชื้นที่อบด้วยเครื่องอบ แห้งไฟฟ้าแบบถาด ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s
4.31 กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้ง ของยูเอสเอมิ้นท์และ 70
ความชื้นที่อบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s
4.32 กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้ง ของเลมอนไทม์ และ 70
ความชื้นที่อบด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด ความเร็วลม 1.5 และ 1.8 m/s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved