

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญภาพ	ฒ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.4 ขอบเขตการศึกษา	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	6
2.2 การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์	8
2.3 การทำแห้ง	10
2.3.1 หลักการพื้นฐานของการอบแห้ง	11
2.3.2 กราฟอัตราการทำแห้ง	12
2.3.3 กลไกของการถ่ายเทมวลในอาหาร	17
2.4 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	18
2.5 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	19
2.5.1 หลักการทำงาน	19
2.5.2 ประเภทของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	20
2.5.3 ตัวรับรังสีทำอากาศร้อน	23
2.5.4 ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ	24
2.5.5 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์	25

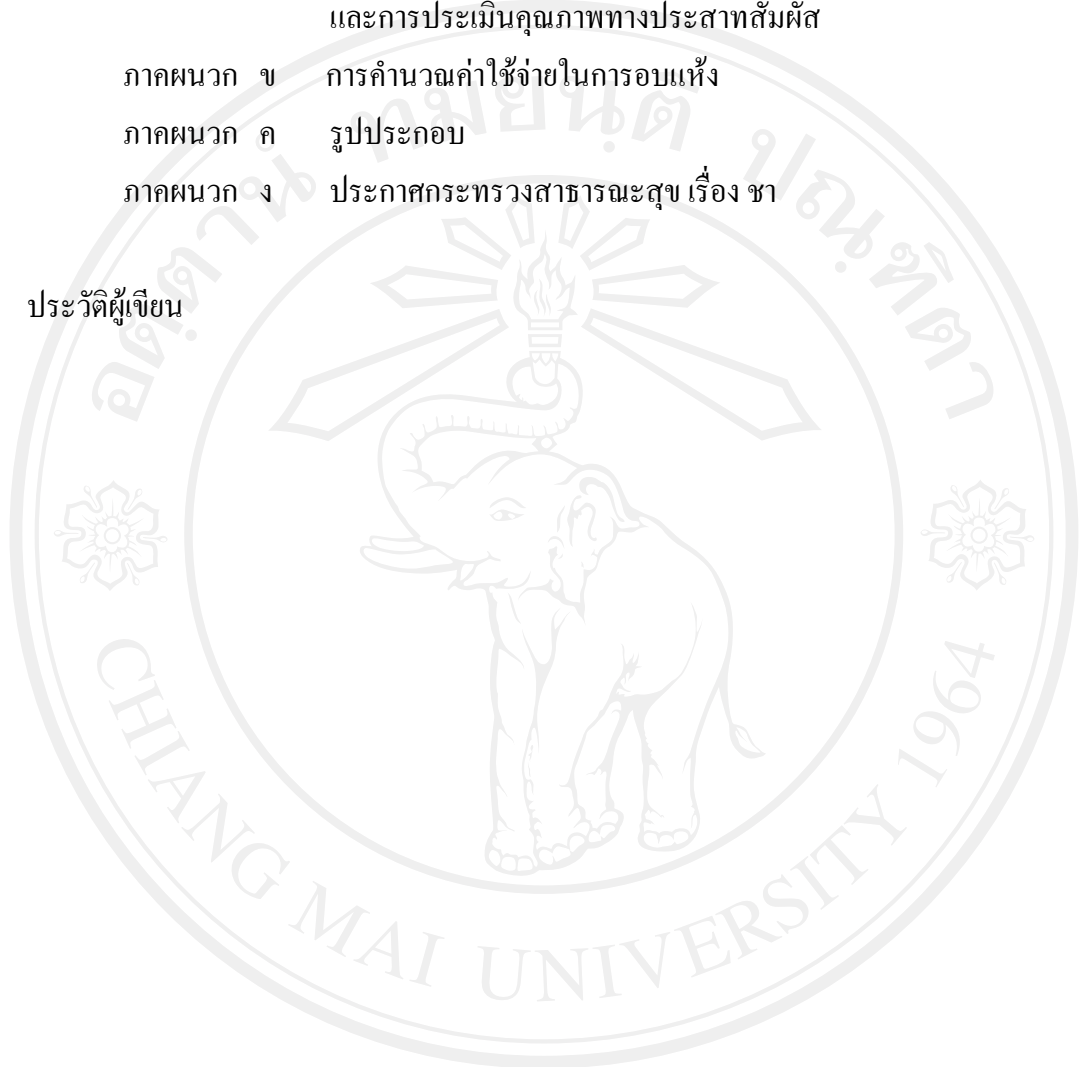
2.6 เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด	28
2.6.1 ระบบการทำงาน	29
2.7 เครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ	29
2.7.1 ระบบการทำงาน	30
2.8 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง	31
2.8.1 ลักษณะธรรมชาติของอาหาร	31
2.8.2 ขนาดและรูปร่างของอาหาร	31
2.8.3 ปริมาณอาหาร	31
2.8.4 ปริมาณความชื้นสมดุล	32
2.8.5 คุณสมบัติอากาศชื้น	32
2.8.6 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม	32
2.8.7 ความดันที่เกี่ยวข้องกับการระเหยน้ำ	32
2.9 ผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของอาหารอบแห้งในด้านต่างๆ	32
2.9.1 ผลการอบแห้งที่มีต่อคุณค่าอาหาร	32
2.9.2 ผลการอบแห้งที่มีต่อโปรตีน	32
2.9.3 ผลของการอบแห้งที่มีต่อคาร์โบไฮเดรต	32
2.9.4 ผลของการอบแห้งต่อปริมาณไขมัน	33
2.9.5 ผลของการอบแห้งต่อเอนไซม์	33
2.9.6 ผลของการอบแห้งต่อเม็ดสีในอาหาร	33
2.9.7 ผลของการอบแห้งต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร	34
2.9.8 ผลของการอบแห้งต่อกลิ่นรส	34
2.9.9 ผลของการอบแห้งต่อการดูดกั้นน้ำ	35
2.9.10 ผลของการอบแห้งต่อจุลินทรีย์	36
2.10 น้ำในอาหาร	36
2.11 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (วอเตอร์แอคทีวิตี)	37
2.12 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุอบแห้ง	40
2.12.1 ความร้อนจำเพาะ	40
2.12.2 ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำในวัสดุ	41
2.13 โรสแมรี่	42
2.14 ลาเวนเดอร์	44

2.15	กุหลาบมอญ	45
2.16	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	45
2.16.1	งานวิจัยการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	45
2.16.2	งานวิจัยการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด	47
2.16.3	งานวิจัยการอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ	48
บทที่ 3	วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	50
3.1	วัสดุและอุปกรณ์	50
3.1.1	วัตถุดิบ	50
3.1.2	สารเคมี	50
3.1.3	อุปกรณ์	50
3.1.4	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	51
3.1.5	เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	52
3.1.6	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	53
3.2	วิธีดำเนินงานวิจัย	54
3.2.1	วางแผนการทดลอง	54
3.2.2	ทดลองเก็บข้อมูลของเครื่องอบ พลังงานแสงอาทิตย์ในสถานะที่ไม่มีวัตถุดิบ	56
3.2.3	กระบวนการอบแห้ง	56
ตอนที่ 1	ศึกษาหาอัตราการอบแห้ง เวลาการทำแห้ง ในการอบแห้งพืชสมุนไพรโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ความเร็วลมที่ใช้คือ 0.5 เมตรต่อวินาที	56
ตอนที่ 2	ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพหลังการอบ โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับ เครื่องอบแห้ง 2 ชนิด	57
	1. เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	
	2. เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	
ตอนที่ 3	ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส	59
ตอนที่ 4	ศึกษาคำนวณค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้า ของเครื่องอบแห้งแต่ละชนิด	60

1. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	60
2. เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด	60
3. เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	60
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	61
ตอนที่ 1 : การศึกษาการอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เทคนิคผสมระหว่างเตอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตอบลมร้อน	61
4.1 ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	61
4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	63
4.3 การลดความชื้นของใบโรสแมรี่โดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	63
4.4 การลดความชื้นของดอกกลาเวนเดอร์โดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	64
4.5 การลดความชื้นของกลีบดอกกุหลาบโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	65
ตอนที่ 2 : ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพหลังการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้ง 2 ชนิด	67
4.6 การเปรียบเทียบการลดความชื้นระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบแห้ง ไฟฟ้าแบบถาด ของใบโรสแมรี่	67
4.7 การเปรียบเทียบการลดความชื้นระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบแห้ง ไฟฟ้าแบบถาด ของดอกกลาเวนเดอร์	68
4.8 การเปรียบเทียบการลดความชื้นระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบแห้ง ไฟฟ้าแบบถาด ของกลีบดอกกุหลาบ	69
4.9 ค่าความชื้นของใบโรสแมรี่ ดอกกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบ หลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	71

4.10 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) ของใบโรสแมรี่หลังการอบแห้ง	72
4.11 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) ของดอกกลาเวนเดอร์หลังการอบแห้ง	72
4.12 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) ของกลีบดอกกุหลาบหลังการอบแห้ง	73
4.13 ศึกษาจลนศาสตร์ของการอบแห้ง (drying kinetics) โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	73
4.14 ค่าสีของใบโรสแมรี่ ดอกกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบหลังการอบแห้ง	78
4.15 คุณภาพทางด้านเคมีหลังการอบโรสแมรี่ ดอกกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบ	83
4.15.1 ปริมาณเถ้าทั้งหมด (Total Ash)	
4.15.2 ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (Water Soluble Ash)	
4.15.3 ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายน้ำ (Water non-Soluble Ash)	
4.15.4 ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำ(เปอร์เซ็นต์)	
4.15.5 ปริมาณแทนนิน (เปอร์เซ็นต์)	
4.15.6 สารประกอบฟีนอลิก (เปอร์เซ็นต์)	
4.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของ พืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด	87
4.16.1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	
4.16.2 ปริมาณยีสต์และรา	
4.16.3 ปริมาณโคลิฟอร์มและ อี. โคลิ	
4.17 ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัส	88
4.18 การอบแห้งการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า	89
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	92
5.1 สรุปผลการทดลอง	92
5.2 ข้อเสนอแนะ	94
บรรณานุกรม	95

ภาคผนวก		99
ภาคผนวก ก	การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	100
ภาคผนวก ข	การคำนวณค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง	116
ภาคผนวก ค	รูปประกอบ	120
ภาคผนวก ง	ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ชา	124
ประวัติผู้เขียน		129



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1	ศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมของ จ.เชียงใหม่	8
2.2	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนและดูดซับ	10
3.1	แผนการทดลอง	55
4.1	เปรียบเทียบค่าความชื้นหลังการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟ สูญญากาศแบบถังหมุน	72
4.2	เปรียบเทียบค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) หลังการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งไฟฟ้าแบบถาด และเครื่องอบแห้งไมโครเวฟ แบบสูญญากาศแบบถังหมุน	73
4.3	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าคงที่ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งชิ้นบางในรูปแบบต่างๆ	76
4.4	แสดงค่าความสว่าง Lightness (L^*) หลังการอบใบโรสแมรี่ ดอกกลาเวนเดอร์และกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี	79
4.5	แสดงค่า Chroma (C^*) หลังการอบใบโรสแมรี่ ดอกกลาเวนเดอร์และกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 กรรมวิธี	80
4.6	แสดงค่า Hue Angle (h^0) หลังการอบใบโรสแมรี่ที่รับมา 3 lot และผ่านการอบแห้ง 3 กรรมวิธี	81
4.7	การเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านเคมีหลังการอบใบโรสแมรี่ ดอกกลาเวนเดอร์และกลีบดอกกุหลาบ	82
4.8	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของพืชสมุนไพร ทั้ง 3 ชนิด	86
4.9	ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด	88
4.10	ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด	88
4.11	ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด	89
4.12	ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า (ต่อ 1000 กรัม น้ำหนักสด)	91

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1	7
2.2	12
2.3	12
2.4	13
2.5	14
2.6	25
2.7	28
2.8	38
2.9	39
2.10	42
2.11	44
2.12	45
3.1	52
3.2	53
3.3	54
4.1	62
4.2	62
4.3	63
4.4	64
4.5	65

4.6	กราฟแสดงการลดความชื้นของกลีบดอกกุหลาบระหว่างการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	66
4.7	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของใบโรสแมรี่ระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบพลังงานไฟฟ้าแบบถาด	68
4.8	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของดอกลาเวนเดอร์ระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบพลังงานไฟฟ้าแบบถาด	69
4.9	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการลดความชื้นของกลีบดอกกุหลาบระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องอบพลังงานไฟฟ้าแบบถาด	70
4.10	การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นของใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์ และกลีบดอกกุหลาบที่ได้จากการทดลองกับอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทำนายโดยใช้สมการของ Henderson and Pabis, Newton และ Page	77