

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	๗
สารบัญภาพ	ญ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การอบแห้ง	
2.1.1 ความรู้พื้นฐานการอบแห้ง	3
2.1.2 การถ่ายเทความร้อนและมวล	6
2.1.3 ความชื้น	7
2.1.4 ค่า Water activity	9
2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง	11
2.1.6 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง	12
2.1.7 ประเภทของเครื่องอบแห้ง	15
2.2 เครื่องอบไมโครเวฟ (Microwave dryer)	
2.2.1 การให้ความร้อน แบบไดอิเล็กตริก	15
2.2.2 หลักการพื้นฐานของไมโครเวฟ	19
2.2.3 ลักษณะเด่นของคลื่นไมโครเวฟ	20
2.2.4 ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องให้กำเนิดคลื่นไมโครเวฟ	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 เครื่องอบลมร้อน (Hot air dryer)	
2.3.1 ระบบการทำงานและส่วนประกอบของเครื่อง	21
2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับตะไคร้	
2.4.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์	22
2.4.2 น้ำมันหอมระเหยในตะไคร้	22
2.4.3 การสกัดน้ำมันหอมระเหย	23
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	28
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	28
3.3 สารเคมี	30
3.4 วิธีการทดลอง	30
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง	31
3.6 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	31
3.7 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี	32
3.8 การวางแผนการทดลอง	33
3.9 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของต้นทุนในการผลิต	33
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	37
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ภาพตะไคร้สดและตะไคร้อบแห้ง และอุปกรณ์การทดลอง	71
ภาคผนวก ข ตารางวิเคราะห์ผลทางสถิติ	82
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของต้นทุนในการผลิตของการอบแห้งตะไคร้ด้วยเครื่องอบไมโครเวฟที่ควบคุมอุณหภูมิได้	99
ประวัติผู้เขียน	104

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ระดับ Water activity (A_w) และความสำคัญ	10
2.2 อุณหภูมิและวิธีในการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพหลังการอบแห้ง ของสมุนไพรบางชนิด	14
2.3 องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ (<i>Cymbopogon citratus</i>)	23
2.4 เงื่อนไขและระยะเวลาในการอบแห้งตะไคร้	24
2.5 ระดับพลังงานและระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งผลิตผลเกษตรบางชนิด ด้วยเครื่องอบไมโครเวฟ	26
4.1 ค่าของความแตกต่างของสีรวม ($\div f$) ของตะไคร้	50
4.2 ค่าสี L^* a^* และ b^* ของตะไคร้สด (ก่อนอบแห้ง) และตะไคร้อบแห้ง	51
4.3 ค่าเนื้อสัมผัส (ค่าแรงกด) ของตะไคร้อบแห้ง	53
4.4 ค่า Water activity (A_w) ของตะไคร้อบแห้ง	54
4.5 ค่าปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Essential oil quantity, g/100g sample) ของตะไคร้อบแห้ง	56
4.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (min) และค่าพลังงานที่ใช้ (kW-h)	58
4.7 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของต้นทุนในการผลิต	59
ข.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแตกต่างของสีรวม (Total color difference, $\div f$) ของตะไคร้สดเปรียบเทียบกับสีของตะไคร้อบแห้ง	83
ข.2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสีรวม (Total color difference, $\div f$) ของตะไคร้สดเปรียบเทียบกับสีของตะไคร้อบแห้ง	84
ข.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L^* ของตะไคร้อบแห้ง	85
ข.4 ผลการวิเคราะห์ค่า L^* ของตะไคร้อบแห้ง	86
ข.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a^* ของตะไคร้อบแห้ง	87
ข.6 ผลการวิเคราะห์ค่า a^* ของตะไคร้อบแห้ง	88
ข.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b^* ของตะไคร้อบแห้ง	89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ข.8 ผลการวิเคราะห์ค่า b^* ของตะไคร้อบแห้ง	90
ข.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเนื้อสัมผัส (Texture in term of compression force) ของตะไคร้อบแห้ง	91
ข.10 ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (Texture in term of compression force) ของตะไคร้อบแห้ง	92
ข.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลา (min) ที่ใช้ในการอบแห้งตะไคร้	93
ข.12 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลา (min) ที่ใช้ในการอบแห้งตะไคร้	94
ข.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าพลังงานที่ใช้ (Energy consumption) ในการอบแห้งตะไคร้	95
ข.14 ผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ (Energy consumption) ในการอบแห้งตะไคร้	96
ข.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันหอมระเหยในตะไคร้อบแห้ง	97
ข.16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันหอมระเหยในตะไคร้อบแห้ง	98

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 ลักษณะของกราฟอัตราการอบแห้ง	4
2.2 กลไกในการถ่ายเทความร้อนและความชื้นในการอบแห้งแบบลมร้อน	6
2.3 กลไกในการถ่ายเทความร้อนและความชื้นในการอบแห้งด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	7
2.4 กลไกการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกันระหว่างการทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟและการทำให้ร้อนด้วยวิธีการทั่วไป	16
2.5 ช่วงสเปกตรัมความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ	19
3.1 ภาพของเครื่องอบไมโครเวฟที่ควบคุมอุณหภูมิได้	28
3.2 ภาพของเครื่องอบลมร้อน	29
4.1 ผลของความหนาของชั้นตะไคร้หั่นและเทคนิคที่ใช้ในการอบแห้งที่ต่างกันที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของการอบแห้งตะไคร้ที่อุณหภูมิ 40°C	38
4.2 ผลของความหนาของชั้นตะไคร้หั่นและเทคนิคที่ใช้ในการอบแห้งที่ต่างกันที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของการอบแห้งตะไคร้ที่อุณหภูมิ 50°C	38
4.3 ผลของความหนาของชั้นตะไคร้หั่นและเทคนิคที่ใช้ในการอบแห้งที่ต่างกันที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของการอบแห้งตะไคร้ที่อุณหภูมิ 60°C	39
4.4 ผลของอุณหภูมิและเทคนิคที่ใช้ในการอบแห้งที่ต่างกันที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของการอบแห้งตะไคร้ที่ความหนาตะไคร้หั่นเป็น 2 mm	40
4.5 ผลของอุณหภูมิและเทคนิคที่ใช้ในการอบแห้งที่ต่างกันที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของการอบแห้งตะไคร้ที่ความหนาตะไคร้หั่นเป็น 5 mm	40
4.6 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 2 mm ด้วย CTMW ที่อุณหภูมิ 40°C	41
4.7 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 2 mm ด้วย CTMW ที่อุณหภูมิ 50°C	42
4.8 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 2 mm ด้วย CTMW ที่อุณหภูมิ 60°C	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.9 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 5 mm ด้วย CTMW ที่อุณหภูมิ 40°C	43
4.10 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 5 mm ด้วย CTMW ที่อุณหภูมิ 50°C	43
4.11 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 5 mm ด้วย CTMW ที่อุณหภูมิ 60°C	44
4.12 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 2 mm ด้วย HA ที่อุณหภูมิ 40°C	44
4.13 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 2 mm ด้วย HA ที่อุณหภูมิ 50°C	45
4.14 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 2 mm ด้วย HA ที่อุณหภูมิ 60°C	45
4.15 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 5 mm ด้วย HA ที่อุณหภูมิ 40°C	46
4.16 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 5 mm ด้วย HA ที่อุณหภูมิ 50°C	46
4.17 กราฟอัตราการอบแห้งของการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 5 mm ด้วย HA ที่อุณหภูมิ 60°C	47
4.18 อุณหภูมิในการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 2 mm ด้วย CTMW และ HA ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60°C	48
4.19 อุณหภูมิในการอบแห้งตะไคร้หั่นหนา 5 mm ด้วย CTMW และ HA ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60°C	48
4.20 Break-even point ของการอบแห้งตะไคร้ด้วยเครื่องอบไมโครเวฟที่ควบคุมอุณหภูมิได้	60
ก.1 ตะไคร้สดหั่น ความหนา 2 mm	72
ก.2 ตะไคร้สดหั่น ความหนา 5 mm	72
ก.3 ตะไคร้อบแห้งด้วย CTMW, อุณหภูมิ 40°C, ความหนา 2 mm	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
ก.4 ตะไคร้อบแห้งด้วย CTMW, ที่อุณหภูมิ 50°C, ความหนา 2 mm	73
ก.5 ตะไคร้อบแห้งด้วย CTMW, ที่อุณหภูมิ 60°C, ความหนา 2 mm	73
ก.6 ตะไคร้อบแห้งด้วย CTMW, ที่อุณหภูมิ 40°C, ความหนา 5 mm	74
ก.7 ตะไคร้อบแห้งด้วย CTMW, ที่อุณหภูมิ 50°C, ความหนา 5 mm	74
ก.8 ตะไคร้อบแห้งด้วย CTMW, ที่อุณหภูมิ 60°C, ความหนา 5 mm	74
ก.9 ตะไคร้อบแห้งด้วย HA, ที่อุณหภูมิ 40°C, ความหนา 2 mm	75
ก.10 ตะไคร้อบแห้งด้วย HA, ที่อุณหภูมิ 50°C, ความหนา 2 mm	75
ก.11 ตะไคร้อบแห้งด้วย HA, ที่อุณหภูมิ 60°C, ความหนา 2 mm	75
ก.12 ตะไคร้อบแห้งด้วย HA, ที่อุณหภูมิ 40°C, ความหนา 5 mm	76
ก.13 ตะไคร้อบแห้งด้วย HA, ที่อุณหภูมิ 50°C, ความหนา 5 mm	76
ก.14 ตะไคร้อบแห้งด้วย HA, ที่อุณหภูมิ 60°C, ความหนา 5 mm	76
ก.15 Thermometers; K-type, DT-8114	77
ก.16 Infrared Thermometers	77
ก.17 Digital balance; Mettler Toledo, Switzerland	77
ก.18 Thermo-Anemometer รุ่น 445 ยี่ห้อ Testo	78
ก.19 Data Logger 'Cole-Parmer' / S.45078 ยี่ห้อ: 'Cole Parmer' รุ่น A-38010-16	78
ก.20 Laboratory DC Power supply; GPS-3030	78
ก.21 Microwave Oven Leakage Meter	79
ก.22 พัดลมระบายอากาศ	79
ก.23 kW-h meter	79
ก.24 เครื่องวัดสี color meter (HunterLab รุ่น Color Quest XE, USA)	80
ก.25 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) รุ่น MUA Tender: 10 ยี่ห้อ BINDER	80
ก.26 เครื่องวัดค่า Water activity รุ่น MS1-Aw ยี่ห้อ novasina	80
ก.27 เครื่อง Rotary Evaporator and Accessories รุ่น R-205/V Advance	81
ก.28 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture analyzer รุ่น TA.XT.plus	81

อักษรย่อและสัญลักษณ์

A_w	คือ	Water activity
CTMW		คือ เครื่องอบไมโครเวฟที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (Controllable temperature microwave dryer)
$^{\circ}\text{C}$		คือ องศาเซลเซียส (Degree Celsius)
cm		คือ เซนติเมตร (Centimeter)
db	คือ	dry basis
$\div f$		คือ ค่าความแตกต่างของสีรวม (Total color difference)
ERH		คือ ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium relative humidity)
g		คือ กรัม (Gram)
GHz		คือ Gigahertz
HA		คือ เครื่องอบลมร้อน (Hot air dryer)
h	คือ	ชั่วโมง (Hour)
k'		คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric constant)
k''		คือ แฟกเตอร์การสูญเสียไดอิเล็กตริก (Dielectric loss factor)
kPa	คือ	Kilo Pascal
kW-h		คือ กิโลวัตต์-ชั่วโมง (Kilowatt-hour)
M_i		คือ ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้น, %
M_f		คือ ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้งสุดท้าย, %
MHz	คือ	Megahertz
m_w		คือ มวลของน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ, kg
$m_{p,i}$		คือ น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุ, kg
min	คือ	นาที (Minute)
ml		คือ มิลลิลิตร (Milliliter)
mm		คือ มิลลิเมตร (Millimeter)
P	คือ	ความดันไของอาหาร, Pa
P_0	คือ	ความดันไของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน, Pa

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

RH คือ	ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)
s	คือ วินาที (second)
$\tan \delta$	คือ Loss tangent หรือ Dissipation factor
W	คือ วัตต์ (Watt)
W/g	คือ วัตต์ต่อกรัม (Watt/gram)
W_c	คือ ความชื้นวิกฤต (Critical moisture content)
w_b คือ	wet basis

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved