

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



249146

อายุการเก็บรักษานองใบมะกรูดที่อบแห้งโดยผู้อบแห้งงานเสนาหัตถ์
ผู้อบดม้วนแบบดาด และผู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ

ฉัตรห่ม พงษ์ศิริกุล

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กันยายน 2553



อายุการเก็บรักษาของโบรมะกฏที่อบแห้งโดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์
ตู้อบลมร้อนแบบถาด และตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ



อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กันยายน 2553

อายุการเก็บรักษาของใบมะกรูดที่อบแห้งโดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์
ตู้อบลมร้อนแบบถาด และตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ

อิสรพงษ์ พงษ์ศิริกุล

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ปิยญา บุคลากร ประธานกรรมการ
อาจารย์ ดร. พิษญา บุญประสม พูลลาภ

[Signature] กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจินดา ศรีวัฒนะ

สุจิตรา รตนะมโน กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจิตรา รตนะมโน

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ปิยญา บุคลากร อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
อาจารย์ ดร. พิษญา บุญประสม พูลลาภ

[Signature] อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจินดา ศรีวัฒนะ

30 กันยายน 2553

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณอาจารย์ ดร. พิษญา บุญประสม พูลลาภ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจินดา ศรีวัฒนะ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจิตรา รตนะมโน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะและอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย รวมทั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตลอดจนเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้ความเอื้อเฟื้อมาโดยตลอด

อิสรพงษ์ พงษ์ศิริกุล

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

อายุการเก็บรักษาของใบมะกรูดที่อบแห้ง
โดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อนแบบถาด
และตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ

ผู้เขียน

นายอิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล

ปริญญา

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อ. ดร. พิชญา บุญประสม พูลลาภ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ผศ. ดร. สุจินดา ศรีวิณะ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

249146

ในการศึกษาผลของกรรมวิธีการอบแห้งต่ออัตราการอบแห้ง ระยะเวลาอบแห้ง ปริมาณ citronellal ค่าสี ความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของใบมะกรูดอบแห้ง โดยทดลองอบแห้ง ใบมะกรูดด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาอากาศร้อนเข้าสู่ห้องอบ ตู้อบลมร้อนแบบถาดและ ตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ ใบมะกรูดที่ใช้ออบมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 177.13 มาตรฐานแห่ง พบว่าในกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดจะปรากฏ อัตราการทำแห้งช่วงลดลงเท่านั้น จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นในระยะเวลา การอบต่างๆ พบว่าอัตราส่วนความชื้นจะลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียลเมื่อระยะเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Lewis, Henderson and Pabis และ Page เพื่อทำนายจลนศาสตร์ ของการอบแห้งใบมะกรูด และพิจารณาแบบจำลองที่เหมาะสมโดยตรวจสอบจากค่า Root Means Squared Error (RMSE), coefficient of determination (R^2) และ reduced chi-square (χ^2) พบว่า แบบจำลองของ Page สามารถทำนายอัตราการลดความชื้นของใบมะกรูดที่อบแห้งด้วยเครื่อง อบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอบแห้ง ใบมะกรูดด้วยเครื่องอบแห้งทั้งสามชนิด โดยใช้การประเมินปริมาณ citronellal ค่าสี ความชื้น และ

249146

ค่าวอเตอร์แอคติวิตีเป็นดัชนีคุณภาพ พบว่าคุณภาพหลังการอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อนแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ผลิตกัณฑ์ที่ได้หลังการอบแห้งทั้ง 3 วิธี มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7

ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาใบมะกรูดอบแห้งป่น พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับหาก ตัวอย่างมีปริมาณ citronellal สูงกว่าร้อยละ 0.228 ดังนั้น จึงใช้ค่านี้ในการประเมินการสิ้นสุดอายุ การเก็บรักษา ส่วนค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ citronellal ใน ใบมะกรูดอบแห้งป่นที่ผ่านการอบแห้งแบบพลังงานแสงอาทิตย์ ผ่านการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลม ร้อนแบบถาด และผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ มีค่า E_a เท่ากับ 46.78, 38.18 และ 44.45 กิโลจูล/โมล เคลวิน ตามลำดับ เมื่อบรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ส่วนค่า E_a ของการ เปลี่ยนแปลงปริมาณ citronellal ในใบมะกรูดอบแห้งป่นที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 วิธีดังกล่าวข้างต้น เท่ากับ 48.77, 41.41 และ 42.50 กิโลจูล/โมล เคลวิน ตามลำดับ เมื่อบรรจุถุงโพลีโพรพิลีน ใน การศึกษานี้ ได้สมการจลนศาสตร์จากอุณหภูมิและค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง citronellal เพื่อใช้ ทำนายอายุการเก็บรักษาของใบมะกรูดอบแห้งป่น โดยพิจารณาจากปริมาณ citronellal ที่เหลืออยู่

Thesis Title	Shelf Life of Dried Kaffir Lime Leaves Using Solar Dryer, Hot Air Tray Dryer and Vacuum Microwave Dryer		
Author	Mr. Israpong Pongsirikul		
Degree	Master of Science (Postharvest Technology)		
Thesis Advisory Committee	Dr. Pichaya Boonprasom Poonlarp	Advisor	
	Asst. Prof. Dr. Sujinda Sriwattana	Co-advisor	

Abstract

249146

The effects of different drying methods on drying rate, drying time, citronellal content, color, moisture content and water activity of dried kaffir lime leaves were investigated. Experiments on drying of kaffir lime leaves using indirect solar dryer, hot air tray dryer and vacuum microwave dryer were conducted. Average initial moisture content of kaffir lime leaves was 177.13 % dry basis. The drying rate curve at 60 °C air temperature using tray dryer exhibited only in the falling rate period. From the experimental results of moisture ratio and drying time, it was found that the moisture ratio exponentially decreased with increasing of drying time. Drying models of Lewis, Henderson and Pabis, and Page were used to predict drying kinetic of kaffir lime leaves. Root Means Squared Error (RMSE), coefficient of determination (R^2) and reduced chi-square, (χ^2) were used to compare the models. The Page model was found to be the best model for describing the characteristics of drying kaffir lime leaves at temperatures of 60 °C using hot air tray dryer. Citronellal content, color assessment, moisture content and water activity (a_w) were analyzed as the quality parameters. Subsequently, quality parameters from solar dryer, tray

249146

dryer, and microwave vacuum dryer were compared. There are no significant differences ($p>0.05$) in dried product qualities of kaffir lime leaves with moisture content of less than 7% among these three drying methods used.

In shelf life study of ground dried kaffir lime leaves (GDKLL), consumers accepted product when content of citronellal of the product higher than 0.228 %. Therefore, this value was used to determine the end of shelf life. Activated energy (E_a) of citronellal content changing in GDKLL packed in aluminum foil bag using solar dryer, tray dryer and vacuum microwave dryer were 46.78, 38.18 and 44.45 KJ/mole K, respectively. In addition, E_a of citronellal content changing in GDKLL packaged in polypropylene bag from previous drying methods were 48.77, 41.41 and 42.50 KJ/mole K, respectively. In this study, the kinetic equation, based on temperature and rate of constant were developed to predict the shelf life of GDKLL in respect to citronellal content.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ณ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	3
2.2 การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์	6
2.3 การทำแห้ง	7
2.4 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	15
2.5 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	16
2.6 เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด	26
2.7 เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศ	28
2.8 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง	30
2.9 ผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของอาหารอบแห้งในด้านต่างๆ	31
2.10 น้ำในอาหาร	35
2.11 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี	36
2.12 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุอบแห้ง	39
2.13 ไบโมากรูด	41

2.14	อายุการเก็บรักษา	41
2.15	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
บทที่ 3	อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1	วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี	50
3.2	วิธีการทดลอง	
3.2.1	ตอนที่ 1 ศึกษาปริมาณ citronellal โดยวิธี Headspace Solid Phase Micro Extraction Gas Chromatography	51
3.2.2	ตอนที่ 2 ศึกษาวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพใบมะกรูด	52
3.2.3	ตอนที่ 3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาใบมะกรูดอบแห้งป่นโดยสภาวะเร่ง	53
บทที่ 4	ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1	การวิเคราะห์ปริมาณ citronellal โดยวิธี Headspace Solid Phase Micro Extraction Gas Chromatography	56
4.2	วิธีการอบแห้งต่อคุณภาพใบมะกรูด	
4.2.1	การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) ระหว่างอบโดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	58
4.2.2	อัตราการลดความชื้นของใบมะกรูดโดยตู้อบสมรือนแบบถาด	58
4.2.3	อัตราการลดความชื้นของใบมะกรูดโดยตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ	61
4.2.4	คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของใบมะกรูดที่อบแห้งโดยวิธีต่าง ๆ	62
4.3	อายุการเก็บรักษาของใบมะกรูดอบแห้งป่น	
4.3.1	ปริมาณ citronellal ต่อการยอมรับของผู้บริโภค	64
4.3.2	อายุการเก็บรักษาของใบมะกรูดอบแห้งป่น	67
4.3.3	การทำนายอายุการเก็บรักษาของใบมะกรูดอบแห้งป่น	74
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	77
	บรรณานุกรม	78
	ประวัติผู้เขียน	86

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมของ จ. เชียงใหม่	5
2.2	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนและดูดซับ	7
3.1	ปริมาณ citronellal ต่อสารละลาย 200 ไมโครลิตร สำหรับทำกราฟมาตรฐาน	52
3.2	ระยะเวลาที่เก็บใบมะกรูดอบแห้งป่นในแต่ละอุณหภูมิ	54
3.3	อัตราส่วนของใบมะกรูดอบแห้งป่นใหม่และเก่า	55
4.1	พื้นที่ของ citronellal ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย gas chromatography	56
4.2	อัตราการลดลงของความชื้นของใบมะกรูดที่อบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	59
4.3	ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ของแต่ละ model ในการวิเคราะห์แบบ regression จากการอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	60
4.4	อัตราการลดลงของความชื้นของใบมะกรูดที่อบด้วยตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ	61
4.5	ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ของแต่ละ model ในการวิเคราะห์แบบ regression จากการอบด้วยตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ	62
4.6	คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของใบมะกรูดอบแห้งจากการอบแห้งวิธีต่าง ๆ	63
4.7	ปริมาณ citronellal ในตัวอย่างใบมะกรูดอบแห้งป่น	65
4.8	การยอมรับของผู้บริโภคต่อปริมาณ citronellal ในตัวอย่างใบมะกรูดอบแห้งป่นผสม	65
4.9	ปริมาณ citronellal ในใบมะกรูดอบแห้งป่นผสม หากคะแนนความชอบเท่ากับ 5	66
4.10	การยอมรับของผู้บริโภคต่ออัตราส่วนใบมะกรูดอบแห้งป่นในอัตราส่วนต่าง ๆ	66
4.11	คุณภาพทางเคมีและกายภาพเริ่มต้นสำหรับใบมะกรูดที่ใช้ศึกษาอายุการเก็บรักษา	67
4.12	ค่าตัวแปรจากสมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ citronellal กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิต่าง ๆ สำหรับใบมะกรูดอบแห้งป่นที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	69
4.13	ค่าตัวแปรจากสมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ citronellal กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิต่าง ๆ สำหรับใบมะกรูดอบแห้งป่นที่บรรจุในถุงโพลิโพรพิลีน	70
4.14	ค่า Ea ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ citronellal ของใบมะกรูดอบแห้งป่น	74

- 4.15 การทำนายอายุการเก็บรักษาใบมะกรูดอบแห้งป่นที่อบแห้งโดยวิธีการต่าง ๆ 76
และลักษณะการบรรจุต่าง ๆ ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 4 °C

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1	ศึกษาภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมของประเทศไทย
2.2	การเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชิ้นอาหารระหว่างการอบแห้ง
2.3	น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการอบแห้ง
2.4	ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาการอบแห้ง
2.5	กราฟอัตราการแห้งสำหรับอาหารชนิดหนึ่งๆ
2.6	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์
2.7	การทำงานของเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดทั่วไป
2.8	ไอโซเทอมของความชื้น (moisture isotherm)
2.9	ผลของวอเตอร์แอคทีวี่ต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาต่างๆ ในอาหาร
4.1	โครมาโตแกรมของ citronellal (a) และกราฟมาตรฐานของ citronellal ต่อพื้นที่โครมาโตแกรม (uV) (b)
4.2	การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ระหว่างการอบแห้งโดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์
4.3	อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากข้อมูลจริงและทำนายจาก model ต่าง ๆ ของใบมะกรูดที่อบแห้งโดยตู้อบลมร้อนแบบถาด
4.4	อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากข้อมูลจริงและทำนายจาก model ต่าง ๆ ของใบมะกรูดที่อบแห้งโดยตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนใบมะกรูดอบแห้งป่นใหม่และเก่า ต่อปริมาณ citronellal (%)
4.6	Arrhenius plot ของปริมาณ citronellal (%) ของใบมะกรูดอบแห้งป่นที่อบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์
4.7	Arrhenius plot ของปริมาณ citronellal (%) ของใบมะกรูดอบแห้งป่นที่อบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดและบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์
4.8	Arrhenius plot ของปริมาณ citronellal (%) ของใบมะกรูดอบแห้งป่นที่อบด้วยตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศและบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์
4.9	Arrhenius plot ของปริมาณ citronellal (%) ของใบมะกรูดอบแห้งป่นที่อบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน

4.10	Arrhenius plot ของปริมาณ citronellal (%) ของใบมะกรูดอบแห้งป่น ที่อบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดและบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน	73
4.11	Arrhenius plot ของปริมาณ citronellal (%) ของใบมะกรูดอบแห้งป่น ที่อบด้วยตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศและบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน	73
4.12	การทำนายอายุการเก็บรักษาใบมะกรูดอบแห้งป่นที่อบด้วย ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	75
4.13	การทำนายอายุการเก็บรักษาใบมะกรูดอบแห้งป่นที่อบด้วย ตู้อบลมร้อนแบบถาดและบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	75
4.14	การทำนายอายุการเก็บรักษาใบมะกรูดอบแห้งป่นที่อบด้วย ตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศและบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	76