

อิทธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของหมากแห้ง

EFFECT OF MICROWAVE DRYING ON QUALITIES OF
DRIED BETEL NUT

เบญจนุช ชนะทอง
BENJANUCHI CHANATONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AI-M-053-066

อิทธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของหมากแห้ง

EFFECT OF MICROWAVE DRYING ON QUALITIES OF
DRIED BETEL NUT

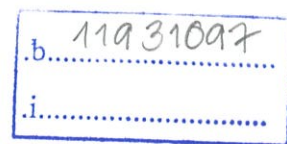


เบญจนุช ชนะทอง

BENJANUCHT CHANATONG

ธพ.
2/78^๕ ๘
๒551

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 81377
วัน,เดือน,ปี..... 11 ส.ย. 2551



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-AI-M-053-086

**EFFECT OF MICROWAVE DRYING ON QUALITIES OF
DRIED BETEL NUT**

BENJANUCHT CHANATONG

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2008

KMITL-2008-AI-M-053-086

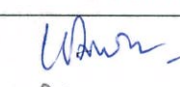
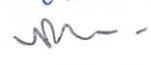


COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ อธิธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของหมากแห้ง
Effect of Microwave Drying on Qualities of Dried Betel Nut
ชื่อนักศึกษา นางสาวเบญจนุช ชนะทอง
รหัสประจำตัว 48068517
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์	
ดร.กิตติชัย บรรจง	
รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา	
ดร.ชิตสุดา ชัยศักดิ์านุกูล	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 24 เมษายน 2551 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่... 8 ...เดือน... พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๑.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของหมากแห้ง
นักศึกษา	นางสาวเบญจนุช ชนะทอง
รหัสประจำตัว	48068517
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

การศึกษอิทธิพลการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์ ที่มีผลต่อสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สารแทนนินและสีของเนื้อหมาก โดยการหาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณสารแทนนินและสี เปรียบเทียบกับหมากสดและหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดจากการทดลอง พบว่าการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที ที่อุณหภูมิ 105.20 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นลดลงจาก 3.01 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง เหลือ 0.10 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และระยะเวลาในการทำแห้งน้อยกว่าการตากแดดที่อุณหภูมิ 32.50-33.70 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลานาน 4 วัน ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสารแทนนินในหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟเท่ากับ 66.23 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และ 5.08 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าหมากสดและหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด ในหมากสดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสารแทนนินเท่ากับ 51.60 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และ 3.55 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสารแทนนินเท่ากับ 31.43 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และ 0.94 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) หมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟเท่ากับ 15.29 น้อยกว่าหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด (26.69)

Thesis Title	Effect of Microwave Drying on Qualities of Dried Betel Nut
Student	Miss Benjanucht Chanatong
Student ID.	48068517
Degree	Master of science
Program	Food science
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Woatthichai Narkruga

ABSTRACT

Study the effect of microwave drying (200, 600 and 900 watt power) on total phenolic compounds, tannin and color of sliced betel nut seed (Diameter 3 mm) was done. The optimum microwave drying condition was investigated total phenolic compounds, tannin and color of microwave dried betel nut was compared with fresh one and solar-dried. Microwave drying at 200 watt power for 13 min at 105.20 °C gave the best during condition. Drying betel nut in the drier reduced its moisture content from about 3.01 to 0.10 g water/g dry matter shorter than solar-dried at 32.50 to 33.70 °C in 4 day. Total phenolic compounds and tannin of microwave dried betel nut as 66.23 mg/g dry matter and 5.08 mg/g dry matter was higher than the fresh one as 51.60 mg/g dry and 3.55 mg/ g dry matter and solar-dried as 31.43 mg/g dry matter and 0.94 mg/g dry matter. The total color difference (ΔE) of microwave drying as 15.29 was less than solar drying as 26.69.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่องอิทธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของหมากแห้ง (Effect of Microwave Drying on Qualities of Dried Betel Nut) นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาของ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาคอยแนะนำและแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองงานวิจัยนี้ ตลอดจนการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องในรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ดร.กิตติชัย บรรจง และดร.ชิดสุดา ชัยศักดิ์านุกูล ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์กรรมการแก้ไขพจนานุกรม รวมทั้งคอยให้คำแนะนำและความรู้ในงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพนมกร พรหมสะอาด ที่ได้อนุเคราะห์หมากแห้งจากโรงงานซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดและให้คำแนะนำเกี่ยวกับหมากแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ น้องญาติทุกท่านและคุณเอกพงศ์ คະณีย์ ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนวัตถุดิบสำหรับทำการทดลองงานวิจัยนี้แก่ข้าพเจ้า รวมทั้งคอยช่วยเหลือข้าพเจ้าในทุกด้าน

ขอขอบคุณพี่และเพื่อนปริญญาเอกและปริญญาโททุกท่าน รวมถึงเจ้าหน้าที่ซึ่งอำนวยความสะดวกในระหว่างทำการทดลองงานวิจัยนี้ คุณค่าและประโยชน์ของงานวิจัยนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และขอรำลึกถึงความกรุณาของทุกท่านไว้ในใจตลอดไป

เบญจนุช ชนะทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 หมาก.....	5
2.2 การทำเหมืองหมาก.....	9
2.3 สารโคชนเภสัชที่สำคัญในเนื้อหมาก.....	14
2.4 ไมโครเวฟ.....	15
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน.....	19
3.1 วัตถุประสงค์.....	19
3.2 สารเคมี.....	19
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	19
3.4 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพหมากสดและหมากแห้ง.....	19
3.5 วิธีการดำเนินงาน.....	20
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	23
4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของสาร โพลีฟีนอลทั้งหมดในเนื้อหมากสดและหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด.....	23
4.2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำเหมืองหมากด้วยไมโครเวฟ.....	24
4.3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของหมากสดกับหมากแห้งที่ผ่านการทำเหมืองด้วยไมโครเวฟ.....	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการศึกษาองค์ประกอบของสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในหมากแห้งที่ผ่าน การทำแห้งด้วยการตากแดด.....	32
4.5 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับ หมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด.....	36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	39
บรรณานุกรม.....	40
ภาคผนวก.....	44
ภาคผนวก ก.....	45
ภาคผนวก ข.....	49
ภาคผนวก ค.....	53
ภาคผนวก ง.....	55
ภาคผนวก จ.....	57
ประวัติผู้เขียน.....	63

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	ปริมาณการส่งออกหมากสด.....2
1.2	ปริมาณการส่งออกหมากแห้ง.....3
2.1	แหล่งเพาะปลูกหมาก 10 อันดับแรกของประเทศไทย.....6
2.2	องค์ประกอบโดยประมาณของส่วนเนื้อหมากแก่น้ำหนัก 100 กรัม.....9
4.1	ปริมาณความชื้น สี (L^* , a^* , b^*) ปริมาณ โพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณแทนนิน ในหมากสดและหมากแห้ง MK.....24
4.2	เปรียบเทียบปริมาณความชื้น การเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณ โพลีฟีนอลทั้งหมดและ ปริมาณแทนนินในหมากแห้ง MW ที่กำลังไฟต่างๆ.....30
4.3	เปรียบเทียบปริมาณความชื้น การเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณ โพลีฟีนอลทั้งหมดและ ปริมาณแทนนินในหมากสดและหมากแห้ง MW.....31
4.4	เปรียบเทียบปริมาณความชื้น การเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณ โพลีฟีนอลทั้งหมดและ ปริมาณแทนนินในหมากแห้ง MW และหมากแห้ง SL.....37
1จ	ปริมาณความชื้น สี (L^* , a^* , b^*) ปริมาณ โพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแทนนินใน หมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกำลังไฟต่างๆ.....58
2จ	ปริมาณความชื้น สี (L^* , a^* , b^*) ปริมาณ โพลีฟีนอลทั้งหมด และแทนนินใน หมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด.....62

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	แสดงลักษณะของหมากพันธุ์ผลกลมแป้นและเมล็ดกลม.....6
2.2	แสดงลักษณะของหมากพันธุ์ผลกลมรีและเมล็ดยาว.....7
2.3	ฤดูกาลให้ผลผลิตหมากปีและหมากทะวายในประเทศไทย.....7
2.4	ลักษณะของหมากดิบหรือหมากสด.....8
2.5	ลักษณะของหมากสุกหรือหมากสง.....8
2.6	หมากชอย.....9
2.7	หมากกลีบส้ม.....10
2.8	หมากจุก.....10
2.9	หมากแวน หมากอีแปะหรือหมากหัน.....11
2.10	หมากผ่าสองหรือหมากผ่าซีก.....11
2.11	หมากผ่าสี่หรือหมากกึ่ง.....12
2.12	หมากแห้งทั้งเมล็ด.....12
2.13	การหมุนตัวของสารประกอบที่มีประจุเนื่องจากไมโครเวฟ.....15
4.1	กราฟปริมาณความชื้น (กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์.....25
4.2	กราฟปริมาณน้ำที่ระเหยออกไป (กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์.....26
4.3	กราฟการเปลี่ยนแปลงสีของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์.....26
4.4	กราฟปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์.....28
4.5	กราฟปริมาณสารแทนนิน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์.....28
4.6	ลักษณะของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที (a), 600 วัตต์ นาน 5.5 นาที (b) และ 900 วัตต์ นาน 3.5 นาที (c).....29
4.7	ลักษณะของหมากสด (a) และหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที (b).....31
4.8	กราฟปริมาณความชื้น (กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด.....33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9	กราฟปริมาณน้ำที่ระเหยออกไป (กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการ ทำแห้งด้วยการตากแดด.....33
4.10	กราฟการเปลี่ยนแปลงสีของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด.....34
4.11	กราฟปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของ หมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด.....35
4.12	กราฟปริมาณสารแทนนิน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการ ทำแห้งด้วยการตากแดด.....35
4.13	ลักษณะของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที (a), หมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดจากการทดลอง (b) และ หมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (c).....38
1ก	เครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR300.....46
1ข	ลักษณะของหมากที่ผ่าตรงกลางผลตามแนวยาว.....50
2ข	เครื่องอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ ยี่ห้อ CHINO รุ่น IR-TA.....50
3ข	ลักษณะของหมากที่ผ่านการตัดตรงส่วนข้อผล.....50
4ข	ลักษณะของเนื้อหมากหลังจากแกะออกจากเปลือก.....51
5ข	การหั่นเป็นแผ่นบางขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร หรือ 1/8 นิ้ว.....51
6ข	เครื่องไมโครเวฟ ยี่ห้อ TOSHIBA รุ่น ER-A7C.....51
7ข	หมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด.....52
8ข	ลักษณะการเรียงหมากบนกระดิ่งทำแห้งด้วยการตากแดด.....52
9ข	ขั้นตอนการทำแห้งหมาก.....52
1ค	กราฟอุณหภูมิของการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟ.....54
2ค	กราฟอุณหภูมิของการทำแห้งหมากด้วยการตากแดด.....54
1ง	กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิก.....56
2ง	กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแทนนิก.....56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หมากเป็นพืชตระกูลปาล์ม (palmaceae) มีชื่อภาษาอังกฤษว่า “betel nut, areca nut” (Drug Info Clearinghouse, 2006) หมากเป็นพืชที่ปลูกง่ายการดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก โรคแมลงรบกวนน้อย และลงทุนไม่สูงนัก นอกจากนี้หมากยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีสารโภชนเภสัชอยู่หลายชนิดในเนื้อหมาก (Butler, 1991 and Jeng *et al.*, 2001) เช่น สารแทนนิน (tannin) และสารโพลีฟีนอล (polyphenolic compounds) สำหรับผู้ที่นิยมเคี้ยว (chewing) หมากเป็นประจำพบว่าสีของหมากจะเคลือบอยู่บนเนื้อฟัน และช่วยป้องกันการสลายของสารเคลือบฟัน (enamel) จากการกัดกร่อนของกรด ช่วยป้องกันการเกิดฟันผุ ป้องกันการเกิด plaque และยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Drug Info Clearinghouse, 2006) แต่จะแสดงผลเหล่านี้ก็ต่อเมื่อมีการเคี้ยวหมากเท่านั้น (Oxenham *et al.*, 2002 and Cox *et al.*, 2004) ซึ่งจากที่กล่าวมาพบว่าหมากมีคุณสมบัติประโยชน์ในเชิงยาโดยเป็นวัตถุพิษในการผลิตยา flupenthixol, procyclidine, fluphenazine, prednisone และ salbutamol (Berman, 2000)

ปัจจุบันหมากมีบทบาทสำคัญในแง่อุตสาหกรรมหลายชนิด โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการผลิตยา ซึ่งแต่ละปีมีการส่งออกหมากจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งในรูปหมากสดและหมากแห้ง คิดเป็นมูลค่าหลายร้อยล้านบาทต่อปี ดังตารางที่ 1 ปริมาณการส่งออกหมากสด และตารางที่ 2 ปริมาณการส่งออกหมากแห้ง

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการส่งออกหามาสด

ประเทศ	ปี 2544		ปี 2545		ปี 2546	
	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)
ออสเตรเลีย	833	62,982	554	39,554	157	11,000
บังกลาเทศ	146,570	1,609,857	163,485	2,883,831	0	0
สวิตเซอร์แลนด์	0	15	0	0	0	0
จีน	10,625	454,166	130	5,606	3,576	286,080
อังกฤษ	36,000	1,972,689	0	0	0	0
ฮ่องกง	44,877	1,455,870	35,469	1,310,357	18,058	928,204
กัมพูชา	116	4,245	0	0	0	0
เนปาล	54,500	1,116,785	74,000	1,297,356	0	0
อเมริกา	34,618	1,648,283	19,994	1,244,813	32,768	1,896,217
เวียดนาม	888	38,872	0	0	0	0
แคนาดา	0	0	190	10,349	0	0
นิวซีแลนด์	0	0	65	7,817	363	24,617
ซาอุดีอาระเบีย	0	0	18,000	126,395	0	0
สิงคโปร์	0	0	90	9,000	0	0
ไต้หวัน	0	0	931,327	29,682,845	1,452,118	86,737,764
อเมริกาใต้	0	0	3	307	0	0
รวมทั้งสิ้น	329,027	8,363,764	1,243,307	36,618,230	1,507,040	89,883,882

ที่มา: ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2547

ตารางที่ 1.2 ปริมาณการส่งออกหมากแห้ง

ประเทศ	ปี 2544		ปี 2545		ปี 2546	
	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)
สหรัฐอเมริกา	108,000	2,518,206	234,150	4,635,634	1,374,755	44,301,212
ออสเตรเลีย	194	38,085	579	87,362	36,000	1,774,015
บังกลาเทศ	915,589	13,435,447	7,102,562	99,046,289	249	40,642
แคนาดา	335	56,563	285	52,107	4,616,075	76,213,493
ฝรั่งเศส	535	63,979	507	60,313	114	36,040
อังกฤษ	245,611	6,582,631	255,765	6,807,938	10	1,590
ฮ่องกง	2,970	114,140	70	1,105	555	70,446
อินโดนีเซีย	144,000	1,088,497	36,000	636,191	285,080	10,109,533
อินเดีย	7,576,961	150,937,059	5,888,350	102,333,906	14,350	84,990
เกาหลี	9,189,049	185,451,341	20,040	235,395	742,891	16,749,466
มาเลเซีย	3,139	85,576	146,640	700,484	377,880	1,893,161
เนปาล	1,391,720	29,344,872	8,045,145	137,656,482	2,460,320	42,979,965
นิวซีแลนด์	611,500	13,067,924	158	18,604	114	17,094
ปากีสถาน	2	40	2,643,816	43,936,639	8,326,712	166,357,147
ซาอุดีอาระเบีย	482,400	6,067,476	1,080,200	18,903,729	915,000	18,069,672
สวีเดน	1,019	307,764	22	2,805	0	0
สิงคโปร์	18,000	65,339	862,200	12,386,832	666,000	19,510,678
สหรัฐอเมริกา	0	0	5,244	798,109	1,082	133,845
เยอรมัน	0	0	43,200	724,469	39,300	623,179
รวมทั้งสิ้น	21,043,374	410,766,752	26,367,933	429,089,013	24,184,566	478,891,147

ที่มา: ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2547

ปัจจุบัน ไมโครเวฟถูกนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น เนื่องจากการทำแห้งด้วยไมโครเวฟสามารถรักษาคุณภาพของอาหาร ช่วยลดต้นทุนการผลิต และระยะเวลาในการทำแห้งได้ แต่ปัจจุบันเกษตรกรของประเทศไทยส่วนใหญ่มักประสบกับปัญหาการทำแห้งมาก เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลานานในการทำแห้งด้วยแสงแดด และเกิดการเน่าเสียระหว่างการทำแห้งอยู่เสมอจึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านสีของหมากแห้ง ทำให้หมากแห้งมีมูลค่าลดลง ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงศึกษาการนำไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ในการทำแห้งหมาก เพื่อลดระยะเวลาการทำแห้งและรักษาสาร โภชนเภสัชที่มีอยู่ในเนื้อหมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟ

1.2.2 ศึกษาผลของการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟที่มีต่อสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic compounds) สารแทนนินและสี

บทที่ 2

ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หมาก

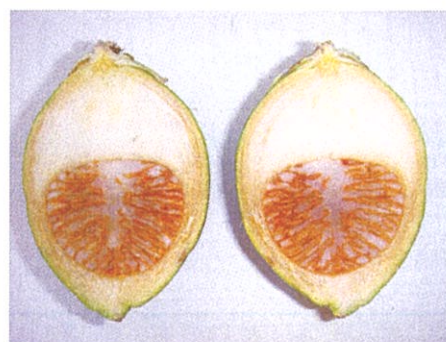
หมากมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Areca catechu* Linn (พิสมัย พึ่งวิกรัย และพิมพ์ใจ พัฒนศิริพงศ์, 2543) หมากเป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกอย่างแพร่หลายในหลายประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และอินเดีย ปัจจุบันแหล่งปลูกหมากที่เป็นเชิงการค้าของโลก ได้แก่ อินเดีย ศรีลังกา พม่า มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน อินโดนีเซีย และไทย (ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2550) จึงทำให้หมากมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามแหล่งที่ปลูกคือ ประเทศอังกฤษเรียกว่า areca palm, areca nut palm, betel palm และ betel nut palm ประเทศฝรั่งเศสเรียกว่า arequier (ต้น), noix d'aree (ผล) ประเทศอินโดนีเซียเรียกว่า pinang (อินโด), jambe (ชวา ชุนดา), pua (หมู่เกาะชุนดาน้อยและโมลุกกะส์) ประเทศมาเลเซียเรียกว่า pinang ประเทศปาปัวนิวกินีเรียกว่า buai ประเทศฟิลิปปินส์เรียกว่า buaga (ตากาลอก, บิซาชา), takotob (บิคอล), boa (อีโลโก) ประเทศกัมพูชาเรียกว่า sla, daem sla ประเทศลาวเรียกว่า kok hma:k ประเทศเวียดนามเรียกว่า cau, binh lang, [aa]n lang และประเทศไทยเรียกว่า หมาก (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท), 2544) ซึ่งแหล่งปลูกหมากในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้และภาคกลางพื้นที่ปลูกหมากมีประมาณ 116,756 ไร่ ผลผลิตรวม 437,010 ตัน จังหวัดที่มีการปลูกหมากมากที่สุดคือจังหวัดชุมพร รองลงมาคือจังหวัด นครศรีธรรมราช ระนอง ฉะเชิงเทรา พัทลุง ตรัง พังงา ระยอง นครปฐม และสุราษฎร์ธานี ตามลำดับ โดยแสดงแหล่งเพาะปลูก 10 อันดับแรกของประเทศไทยแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แหล่งเพาะปลูกหมาก 10 อันดับแรกของประเทศไทย

ลำดับที่	จังหวัด	พื้นที่ปลูก(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย(กก./ไร่)	ผลผลิตรวม(กก.)
1	ชุมพร	24,516.00	6,700.00	107,849.90
2	นครศรีธรรมราช	18,408.00	6,091.84	99,461.50
3	ระนอง	13,556.00	3,430.74	31,230.04
4	ฉะเชิงเทรา	9,583.00	1958.4	17,641.30
5	พัทลุง	6,451.00	6,700.00	34,786.40
6	ตรัง	4,649.00	6,700.00	28,387.90
7	พังงา	4,282.00	5,362.81	14,683.36
8	ระยอง	4,048.00	2,089.88	7,026.19
9	สุราษฎร์ธานี	3,427.00	4,705.38	11,509.36
10	นครปฐม	3,409.00	3,172.30	10,697.01

ที่มา: ฝ่ายประมวลผล กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545

หมากที่นิยมปลูกกันในประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็น 2 สายพันธุ์คือ พันธุ์ผลกลมแป้นและเมล็ดกลม (รูปที่ 2.1) และพันธุ์ผลกลมรีและเมล็ดยาว (รูปที่ 2.2) ซึ่งหมากพันธุ์ผลกลมแป้นและเมล็ดกลม ผลมีขนาดใหญ่ ลักษณะรูปทรงของผลกลมหรือกลมแป้น ขนาดของผลยาวประมาณ 2.5 นิ้ว กว้างประมาณ 17/8 นิ้ว เมล็ดมีขนาดใหญ่ ลักษณะกลมหรือกลมแป้นเหมือนลักษณะของผล ส่วนหมากพันธุ์ผลกลมรีและเมล็ดยาว ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ผลกลมแป้นและเมล็ดกลม ลักษณะรูปทรงของผลยาวหรือยาวรี เปลือกอาจจะหนาหรือบางไม่แน่นอน แต่ส่วนใหญ่เปลือกทางด้านขั้วผลจะหนากว่าส่วนอื่นๆ ส่วนมากเปลือกจะมีสีส้มเมื่อสุก ผลมีความยาวเฉลี่ย 2-3 นิ้ว กว้าง 1-1.5 นิ้ว เมล็ดมีลักษณะไม่แน่นอนบางผลมีเมล็ดกลมแป้น บางผลมีรูปทรงคล้ายหัวใจไก่ ขนาดของเมล็ดจะแตกต่างกัน (ธีรวัฒน์ ประหยัดทรัพย์, 2532)



ประมาณ 7-8 เดือน เปลือกมีสีเขียวอมส้มหรือสีส้มทั้งผล เนื้อจะหนาและแข็งเรียกว่า หนากสุกหรือหนากสง (รูปที่ 2.5) (พิสมัย พึ่งวิกรัย และพิมพ์ใจ พัฒนศิริพงษ์, 2543) ซึ่งผลหนากโดยส่วนใหญ่จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-2.5 นิ้ว และใน 1 ทะลายจะมีผลหนากประมาณ 100-150 ผล (ธีรวัฒน์ ประหยัดทรัพย์, 2532) และเมื่อผ่าผลหนากในผลหนึ่งๆสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชั้นคือ

1. เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นนี้จะบางกว่าเปลือกชั้นกลาง มีเส้นใยละเอียด เหนียวและแข็งผิวเปลือก มีความมัน
2. เปลือกชั้นกลาง เปลือกชั้นกลางมีเส้นใยหนาหยาบมองเห็นชัด เมื่อเป็นผลอ่อนเส้นใยจะมีสีขาวและอ่อนนุ่ม เมื่อเป็นผลแก่เส้นใยจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและแข็งขึ้น
3. เปลือกชั้นในเป็นเยื่อบางละเอียด ไม่เป็นเส้นใย ลักษณะใสเป็นมัน อยู่ติดกับเนื้อหนาก



รูปที่ 2.4 ลักษณะของหนากดิบหรือหนากสด



รูปที่ 2.5 ลักษณะของหนากสุกหรือหนากสง

เมล็ด คือส่วนที่เรียกว่าเนื้อหนาก มีเปลือกชั้นในซึ่งเป็นเยื่อบางๆหุ้มอยู่ เมื่อผลอ่อนเนื้อหนากจะนิ่ม มีลายเส้นสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลแดง สามารถเอาออกจากเปลือกได้ง่าย และตรงด้านบนสุดของเมล็ดจะมีจุดเล็กๆสีขาวฝังอยู่ในเนื้อหนากเรียกว่าจุดเจริญ เมื่อนำผลหนากไปเพาะจุดเจริญนี้จะงอกเป็นต้นอ่อน (พิสมัย พึ่งวิกรัย และพิมพ์ใจ พัฒนศิริพงษ์, 2543) และภายในเนื้อ

หมากมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำแห้ง และมีผลต่อคุณภาพของหมากแห้ง ส่วนประกอบจะต่างกันขึ้นอยู่กับอายุและความสมบูรณ์ของดิน ตลอดจนสิ่งแวดล้อมแสดงดังตารางที่ 2.2 องค์ประกอบโดยประมาณของส่วนเนื้อหมากแห้งหนัก 100 กรัม และมีสารอัลคาลอยด์เล็กน้อย (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท), 2544) ซึ่งมีสารอัลคาลอยด์ประมาณร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักเมล็ด (พิสมัย พึ่งวิกรัย และพิมพ์ใจ พัฒนศิริพงศ์, 2543)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบโดยประมาณของส่วนเนื้อหมากแห้งหนัก 100 กรัม

ส่วนประกอบ	กรัม
น้ำ	21-30
โปรตีน	5-8
คาร์โบไฮเดรต	35-40
ไขมัน	5-10
เส้นใย	11-15
โพลีฟีนอล	11-18

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท), 2544

2.2 การทำหมากแห้ง

ในประเทศไทยมีการทำหมากแห้งจำหน่ายอยู่ในตลาดหลายชนิดและหลายลักษณะซึ่งสามารถแบ่งหมากแห้งออกเป็น 2 ประเภท (พิสมัย พึ่งวิกรัย และพิมพ์ใจ พัฒนศิริพงศ์, 2543) คือ

2.2.1 หมากแห้งที่ทำมาจากหมากดิบหรือหมากสด มี 5 ชนิด ได้แก่

2.2.1.1 หมากชอย (รูปที่ 2.6) นำหมากดิบหรือหมากสดมาเฉาะเปลือกออกเอาเนื้อหมากผ่าเป็น 2 ซีก แล้วใช้มีดชอยออกเป็นชิ้นเล็กๆหนาประมาณ 1/8 นิ้ว หรือประมาณ 0.3 เซนติเมตร นำไปตากแดดบนเสื่อลำแพน กระด้งหรือตะแกรงเกลี่ยให้บางๆ ตากไว้ประมาณ 2-3 แดด เมื่อเห็นว่าแห้งสนิทดีแล้วเก็บใส่ภาชนะ



รูปที่ 2.6 หมากชอย

ที่มา: ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2550

2.2.1.2 หมากกลีบส้ม (รูปที่ 2.7) นำหมากดิบหรือหมากสดมาเฉาะเปลือกออก และนำเนื้อหมากมาผ่าเป็นชิ้นๆตามแนวยาวจะมีลักษณะคล้ายกลีบส้ม หมาก 1 ผล จะผ่าได้ ประมาณ 5-7 กลีบ ขึ้นอยู่กับขนาดของผลหมาก จากนั้นนำไปตากแดดประมาณ 3-5 วัน เมื่อแห้งสนิทแล้วเก็บใส่กระสอบ



รูปที่ 2.7 หมากกลีบส้ม

ที่มา: ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2550

2.2.1.3 หมากเจียนหรือหมากเสี้ยว นำหมากดิบหรือหมากสดมาผ่าออกตามแนว ยาว 4-5 ชิ้น แล้วแต่ขนาดของผลหมาก เสร็จแล้วนำมาเจียนโดยใช้มีดปอกเปลือกนอกที่เป็น สีเขียวตรงด้านก้นผลออกบางๆลอกเปลือกออกไปเกือบถึงโคนทางด้านขั้วผล แต่ยังคงเหลือไว้ นิดหนึ่งไม่ให้ขาด จากนั้นก็เจียนเปลือกหมากชั้นในอีกครั้งหนึ่ง ใช้มีดเจียนเปลือกที่เหลือให้เข้าถึง เนื้อหมาก เกะเอาเนื้อให้ติดเปลือกนอกเจียนไว้ออกมาเป็นคำๆนำมาตากแดด 3-5 แดด เมื่อแห้ง สนิทแล้วจึงเก็บใส่ภาชนะ

2.2.1.4 หมากจุก (รูปที่ 2.8) นำหมากดิบหรือหมากสดมาเจียนเหมือนหมาก เจียนแล้วซอยหรือหั่นเป็นชิ้นบางๆหนาประมาณ 1/8 นิ้ว หรือประมาณ 0.3 เซนติเมตร เท่ากับ หมากซอยนำไปตากแดดประมาณ 2-3 แดด เมื่อแห้งดีแล้วจึงเก็บใส่ภาชนะ



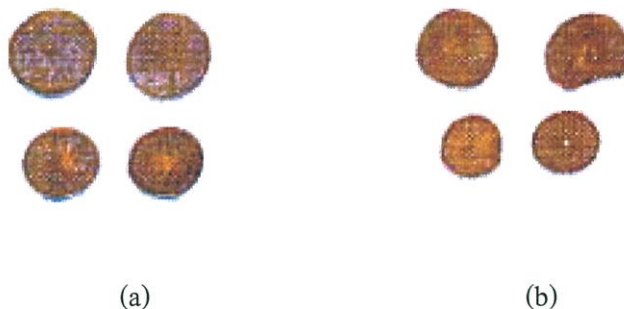
รูปที่ 2.8 หมากจุก

ที่มา: ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2550

2.2.1.5 หมากป่น ได้จากหมากแห้งพวกหมากซอย หมากเจียน หมากจุก และ หมากแวน ที่แห้งกรอบและหักเป็นชิ้นเล็กๆนำมารวมกันเป็นหมากป่น

2.2.2. หมากแห้งที่ทำมาจากหมากสุกหรือหมากสง มี 4 ชนิด ได้แก่

2.2.2.1 หมากแวน หมากอีแปะหรือหมากหัน (รูปที่ 2.9) นำหมากสงที่มีสีเขียวอมส้มมาเฉาะเอาเปลือกออก ใช้มีดหันหรือใช้เครื่องไสหมากซึ่งมีลักษณะคล้ายกบไสไม้ โดยนำหมากทั้งเมล็ดมาวางบนใบมีดแล้วใช้ใบหรือก้านหมากที่ตัดให้มีขนาดพอเหมาะกดไปที่เมล็ดหมากไสเป็นแวนๆนำไปตากแดดประมาณ 2-4 วัน จนแห้งสนิทจึงเก็บใส่ภาชนะ



รูปที่ 2.9 หมากแวน หมากอีแปะหรือหมากหัน

ที่มา: ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 255

หมายเหตุ หมากอีแปะหนา (a) และหมากอีแปะบาง (b)

2.2.2.2 หมากผ่าสองหรือหมากผ่าซีก (รูปที่ 2.10) นำหมากสงที่มีสีส้มทั้งผลมาผ่าออกเป็น 2 ซีกตามแนวยาวนำไปตากแดดประมาณ 1 แดด เนื้อหรือเมล็ดหมากจะล่อนออกจากเปลือก นำไปตากแดดอีก 4-5 แดด จนแห้งดีแล้วจึงนำไปเก็บไว้



รูปที่ 2.10 หมากผ่าสองหรือหมากผ่าซีก

ที่มา: ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2550

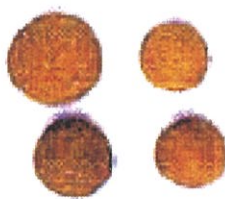
2.2.2.3 หมากผ่าสี่หรือหมากกึ่ง (รูปที่ 2.11) นำหมากสงที่มีสีส้มทั้งผลมาผ่าออกเป็น 4 ส่วนตามแนวยาวนำไปตากแดดประมาณ 1 วัน เนื้อหมากก็จะล่อนออกจากเปลือกนำไปตากแดดอีกประมาณ 4-5 แดด จนแห้งสนิทจึงนำไปเก็บไว้



รูปที่ 2.11 หมากผ่าสี่หรือหมากกึ่ง

ที่มา: ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2550

2.2.2.4 หมากทั้งเมล็ด (รูปที่ 2.12) นำหมากสงที่มีสีส้มทั้งผลไปตากแดดจนเมล็ดล่อนแยกจากเปลือก ฉาะเปลือกและแกะเอาเนื้อหมากไปตากแดดอีก 2-3 แดด จนแห้งสนิท จึงนำไปเก็บไว้



รูปที่ 2.12 หมากแห้งทั้งเมล็ด

ที่มา: ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2550

2.2.3 อัตราส่วนผลหมากที่ทำเป็นหมากแห้ง

2.2.3.1 หมากสดหรือหมากดิบ

2.2.3.1.1 หมากสด 1,000 ผล ทำเป็นหมากแวนได้ประมาณ 5 กิโลกรัม

2.2.3.1.2 หมากสด 1,000 ผล ทำเป็นหมากซอยและหมากกลีบส้มได้ประมาณ 3-5 กิโลกรัม

2.2.3.1.3 หมากสด 1,000 ผล ทำเป็นหมากจุกและหมากเขียนได้ประมาณ 5-6 กิโลกรัม

2.2.3.2 หมากสงหรือหมากแก่

2.2.3.2.1 หมากสง 1,000 ผล ทำให้เป็นหมากแวน หมากผ่าสอง หมากผ่าสี่ และหมากแห้งทั้งเมล็ดได้ประมาณ 14-15 กิโลกรัม

2.2.4 การทำแห้งอาหารด้วยการตากแดด

ปัจจุบันมีอาหารแห้งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคและจำหน่ายเพิ่มมากขึ้นตามท้องตลาด เนื่องจากอาหารแห้งสามารถเก็บไว้รับประทานได้เป็นระยะเวลาอันนานและมีกระบวนการผลิตที่ไม่

ซับซ้อน โดยการผลิตอาหารแห้งส่วนใหญ่จะใช้วิธีการตากแดดซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 2-3 วัน จึงจะได้อาหารแห้งส่งจำหน่ายยังผู้บริโภค

2.2.4.1 การทำแห้งผักด้วยการตากแดด

Hossain และ Bala (2007) ศึกษาการทำแห้งพริกสีแดงและพริกสีเขียวโดยใช้อุโมงค์แบบแสงแดดส่องผ่าน ในการทำแห้งพริกสีแดงสดและพริกสีเขียวสดน้ำหนัก 80 กิโลกรัม พบว่าหลังจากทำแห้งพริกสีแดงและพริกสีเขียวด้วยอุโมงค์แบบแสงแดดส่องผ่าน พริกสีแดงมีความชื้นลดลงจาก 2.85 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง เหลือ 0.05 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง โดยใช้ระยะเวลาทำแห้งนาน 20 ชั่วโมง ส่วนพริกสีเขียวมีความชื้นลดลงจาก 7.60 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง เหลือ 0.06 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง โดยใช้ระยะเวลาทำแห้งนาน 35 ชั่วโมง การใช้อุโมงค์แบบแสงแดดส่องผ่านในการทำแห้งสามารถลดระยะเวลาในการทำแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีเมื่อเทียบกับการทำแห้งโดยทั่วไปด้วยแสงแดด

Sacilik และคณะ (2006) ศึกษาการทำแห้งมะเขือเทศโดยใช้อุโมงค์แบบแสงแดดส่องผ่าน หลังจากทำแห้งมะเขือเทศมีความชื้นลดลงจาก 93.35 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก เหลือ 11.50 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก โดยใช้ระยะเวลาทำแห้งนาน 4 วัน เมื่อเทียบกับการทำแห้งโดยทั่วไปด้วยแสงแดดซึ่งใช้ระยะเวลาทำแห้งนาน 5 วัน

Mohanraj และ Chandrasekar (2008) ทำการออกแบบเครื่องสำหรับทำแห้งมะพร้าวด้วยแสงแดด พบว่ามะพร้าวที่ผ่านการทำแห้งด้วยแสงแดดมีความชื้นลดลงจาก 51.8 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 7.8 เปอร์เซ็นต์ และ 9.7 เปอร์เซ็นต์ โดยระยะเวลาในการทำแห้งนาน 82 ชั่วโมง และสามารถแบ่งเกรดของมะพร้าวแห้งได้ 3 เกรด คือ 76 เปอร์เซ็นต์ของการแห้ง 18 เปอร์เซ็นต์ของการแห้ง และ 6 เปอร์เซ็นต์ของการแห้ง จากการทำแห้งมะพร้าวพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการแห้งของมะพร้าวคิดเป็น 24 เปอร์เซ็นต์

2.2.4.2 การทำแห้งผลไม้ด้วยการตากแดด

Fadhel และคณะ (2005) ศึกษาการทำแห้งองุ่นด้วยการตากแดดที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ การทำแห้งโดยให้แสงแดดผ่านไม้เท่ากัน การทำแห้งในเรือนกระจก และการทำแห้งด้วยแสงแดด พบว่าการทำแห้งในเรือนกระจกและการทำแห้งโดยให้แสงแดดผ่านไม้เท่ากันไม่เป็นที่พอใจ ส่วนการทำแห้งด้วยแสงแดดนั้นทำแห้งองุ่นได้ดี

Muchuweti และคณะ (2006) ทำการสกัดหาสารแทนนินในผลไม้แห้ง (*Uapaca kirkiana*) โดยการสกัดด้วยสารละลายเมธานอล 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการทำแห้งด้วยการตากแดด ปริมาณสารแทนนินในเนื้อผลไม้มีน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และปริมาณสารแทนนินในผลไม้ดิบมีปริมาณมากกว่าในผลไม้ซึ่งสุกแล้ว

Park และคณะ (2006) ศึกษาวิธีการทำแห้งลูกพรุนที่แตกต่างกัน 2 วิธีคือ ทำแห้งด้วยการตากแดดนาน 1 เดือน และทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าวิธีที่แตกต่างกันมีผลต่อสารอาหารต่างๆที่มีในลูกพรุน และจากการหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมในลูกพรุนพบว่าในลูกพรุนสดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมมากกว่าในลูกพรุนแห้งทั้ง 2 วิธี

Guine และคณะ (2007) ศึกษาอัตราการทำแห้งลูกแพร์ 5 สายพันธุ์ จากประเทศโปรตุเกส คือ *Amendoa*, *Amorim*, *Carapineira Branca* และ *S. Bartolomeu* ที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด พบว่าการทำแห้งลูกแพร์ให้ผลการทดลองที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการแห้งของลูกแพร์แต่ละสายพันธุ์ และอัตราการทำแห้งลูกแพร์สอดคล้องกับการระเหยออกของปริมาณน้ำที่มีอยู่ในลูกแพร์

Kingsly และคณะ (2007) ศึกษาการหดตัวของผลไม้ (*Zizyphus Mauritian*) ในระหว่างการตากแดด พบว่าการตากแดดมีผลต่อการลดลงของปริมาณความชื้นและขนาดของผลไม้ โดยการหดตัวของผลไม้มีผลทำให้ความชื้นซึ่งอยู่ในผลไม้เคลื่อนที่ออกและหลังจากผลไม้หยุดการหดตัวของผลไม้แห้งมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 47 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

2.3 สารโชนเภสัชที่สำคัญในเนื้อหามา

2.3.1 สารประกอบโพลีฟีนอลิก

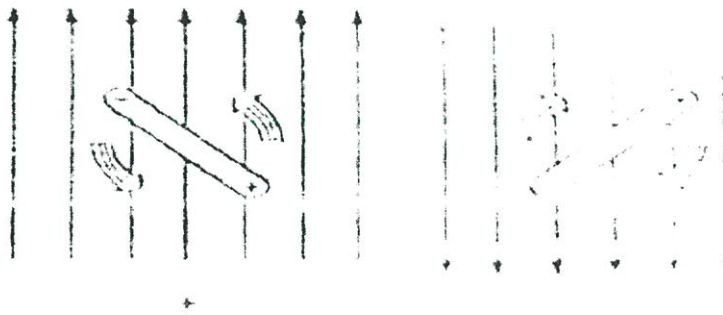
2.3.1.1 สารโพลีฟีนอล ในเนื้อหามาที่มีสารโพลีฟีนอลอยู่ 11-12 กรัมของส่วนเนื้อหามาแก่นัก 100 กรัม (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท), 2544) ซึ่งสารโพลีฟีนอลในเนื้อหามามีอยู่ 4 ชนิดได้แก่ NPF-86IA, NPF-86IB, NPF-86A และ NPF-86B (Reijiro *et al.*, 1988) โดย Wetwitayaklung *et al.*, (2006) พบว่าสารโพลีฟีนอลมีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันที่มีอยู่ในเนื้อหามา ทำให้หามาที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านการเกิดเชื้อรา สารต้านแบคทีเรีย สารป้องกันการอักเสบและเป็นยาฆ่าแมลง เมื่อนำเนื้อหามาสดกัดด้วยสารละลายเมทานอลพบว่าสารโพลีฟีนอลโดยรวมจากเนื้อหามาที่มีปริมาณสูงถึง 82.05 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้สารโพลีฟีนอลจากเนื้อหามายังมีคุณสมบัติในการรักษาแผลถูกไฟไหม้ แผลพุพอง และผิวหนังจากการคัดกรรมาได้ (Shamina *et al.*, 2007)

2.3.1.2 สารแทนนิน Wetwitayaklung *et al.*, (2006) พบว่าหามาเป็นพืชที่มีสารโชนเภสัชซึ่งในเนื้อหามามีสารแทนนินอยู่ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ (พิสมัย พึงวิกรัย และพิมพ์ใจ พัฒนศิริพงศ์, 2543) และในผลหามาที่มีแทนนินอยู่ประมาณ 13-27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสารแทนนินเป็นสารที่มีรสขมและทำให้เกิดรสฝาดเวลาเคี้ยวหามา ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีการนำหามามาใช้ประโยชน์เป็นสีข้อมแห อวนและใช้ในการฟอกหนัง เพราะสารแทนนินจาก "catechu" ซึ่งสกัดได้จากแก่นไม้เสียดเหนือ (*Acacia catechu* (L.f) Willd) เนื่องจากผลหามาให้

สีน้ำตาลแดงหรือสีดำ โดยส่วนใหญ่สารสกัดที่ได้จากหมากจะใช้ในการย้อมผ้าฝ้ายหรือผ้าขนสัตว์ นอกจากนี้สารแทนนินยังเป็นวัตถุบิที่สำคัญในการผลิตหมึกด้วย (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท), 2544)

2.4 ไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง โดยมีความถี่ของช่วงคลื่นระหว่าง 300 MHz – 300 GHz แต่ความถี่ที่ใช้ให้พลังงานความร้อนในระดับอุตสาหกรรมและใช้ในบ้านเรือนคือ 915 MHz และ 2,450 MHz ไมโครเวฟจัดเป็น non – ionizing radiation ซึ่งสามารถทำให้เกิดพลังงานความร้อนกับตัวอย่างที่สามารถดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และสามารถทะลุผ่านเข้าไปได้ดีกว่าทำให้น้ำที่อยู่ภายในอาหารร้อนขึ้นและระเหยออกมา (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546) คลื่นไมโครเวฟนั้นจะมีลักษณะเหมือนลำแสงเส้นตรงที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนกลับ (reflection) โดยไมโครเวฟจะเกิดการสะท้อนกลับเมื่อกระทบกับโลหะซึ่งคลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่าน (transmission) วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าได้เช่น ภาชนะที่ทำด้วยแก้ว กระจก ไม้ พลาสติกและเซรามิก ส่วนสารประกอบที่มีขั้วเช่น น้ำสามารถดูดซับ (absorption) คลื่นไมโครเวฟได้ (Decareau, 1992) กลไกการเกิดความร้อนของไมโครเวฟนั้นเกิดจากคลื่นไมโครเวฟจะทะลุทะลวงผ่านลงไป ในอาหาร ซึ่งขณะที่ทะลุผ่านนั้นพลังงานไมโครเวฟจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนโดยตัวอาหารเองซึ่งความร้อนนี้เกิดจากการเสียดสีกันของโมเลกุลน้ำที่มีอยู่ในอาหาร แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การหมุนตัวของสารประกอบที่มีประจุเนื่องจากไมโครเวฟ

ที่มา: Decareau (1992)

2.4.1 การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งอาหาร

ปัจจุบันมีการนำไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ในการให้ความร้อนแก่อาหารทำให้ผู้บริโภคมีความสะดวกสบายมากขึ้น นอกจากนี้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

สำหรับการใช้กับตู้ไมโครเวฟในบ้าน การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟที่สำคัญที่สุดคือ การละลายน้ำแข็ง การทำแห้งและการอบ ซึ่งในการทำแห้งและการอบโดยใช้ลมร้อนมีข้อเสียคืออัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำเนื่องจากอาหารแห้งมีความสามารถในการนำความร้อนต่ำ เกิดความเสียหายต่อคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการเนื่องใช้เวลาในการทำแห้งนาน ผิวหน้าของอาหารจึงได้รับความร้อนมากเกินไป รังควาญ วิตามินและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยลมร้อนผิวอาหารแห้งและแข็งตัว เนื่องจากพลังงานไมโครเวฟทำให้อาหารร้อนขึ้นทั้งชิ้นพร้อมกับเกิดการระเหยความร้อนขึ้น จึงเป็นการช่วยแก้ปัญหาเรื่องที่ทำอาหารมีคุณสมบัติการนำความร้อนต่ำได้ ทำให้สามารถป้องกันความเสียหายของผิวหน้าอาหารได้ ช่วยปรับปรุงการถ่ายเทความร้อนในช่วงท้ายของการทำแห้งและลดการเกิดเปลือกแข็งของอาหาร

2.4.1.1 การใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งผัก

Ponne และคณะ (1994) ศึกษาการลวกผักใบด้วยคลื่นไมโครเวฟแล้วนำไปบรรจุกระป๋องกับนำไปแช่แข็ง พบว่าผักบรรจุกระป๋องและผักแช่แข็งที่ผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว และการลวกด้วยไมโครเวฟร่วมกับไอน้ำจะให้รสชาติ ความแข็งกรอบ และปริมาณวิตามินซีมากกว่าการลวกด้วยน้ำหรือลวกด้วยไอน้ำอย่างเดียว แต่การลวกด้วยน้ำจะให้สีเป็นธรรมชาติมากกว่าลวกด้วยไมโครเวฟ

Ren and Chen (1998) อบแห้งรากโสมด้วยการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 60 ลิตรต่อนาที และอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 60 ลิตรต่อนาที พบว่าการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับแบบไมโครเวฟใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าวิธีการใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว โดยการอบแห้งรากโสมจนมีความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ ถ้าอบแห้งแบบลมร้อนจะใช้เวลา 136.4 ชั่วโมง ในขณะที่การอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับแบบไมโครเวฟใช้เวลาเพียง 61.1 ชั่วโมง ลดลงร้อยละ 55.2

Devece และคณะ (1999) ทำการลวกเห็ดด้วยน้ำร้อน ไมโครเวฟ และการลวกด้วยไมโครเวฟร่วมกับน้ำร้อน พบว่าการลวกเห็ดด้วยไมโครเวฟร่วมกับน้ำร้อนจะทำให้ระยะเวลาในการลวกลดลง นอกจากนี้ยังสามารถลดการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร การสูญเสียสี และการหดตัวของเห็ดได้มากกว่าการลวกด้วยน้ำร้อนหรือไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว

Khraisheh และคณะ (2000) ทำการอบแห้งมันฝรั่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.6 เซนติเมตร ยาว 5.2 เซนติเมตร ด้วยการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.5 เมตรต่อวินาที และการอบแห้งแบบไมโครเวฟที่กำลังไฟ 10.5 วัตต์ และการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.5 เมตรต่อวินาที ร่วมกับแบบไมโครเวฟที่กำลังไฟ 10.5 วัตต์ พบว่าการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับแบบไมโครเวฟใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุดคือ 200 นาที ส่วนการอบแห้งแบบลมร้อนใช้เวลาในการทำแห้งนานที่สุดคือ 350 นาที

Krokida และคณะ (2000) ลวกแครอทขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร ด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 2 นาที ชัลไฟฟ้าโดยจุ่มในสารละลายโซเดียมไบซัลไฟด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นเวลา 5 นาที และไมโครเวฟที่กัลังไฟ 810 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำตัวอย่างที่ลวกแล้วมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าการลวกด้วยไมโครเวฟจะให้ค่า L^* ต่ำกว่า ค่า a^* สูงกว่า ทำให้สีแครอทอบแห้งมีสีส้มคล้ำกว่าการลวกด้วยน้ำร้อน ไอน้ำ และชัลไฟฟ้า ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการลวกด้วยไมโครเวฟอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เอนไซม์คือ ปฏิกิริยามัลลาร์ดทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นส่งผลให้แครอทอบแห้งที่ได้มีสีส้มคล้ำกว่าตัวอย่างอื่น

Ramesh และคณะ (2002) ทำการลวกผักขม พริกไทย และแครอทด้วยไมโครเวฟ เปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำร้อนพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสด้วยไมโครเวฟของผักขมและพริกไทยจะสูงกว่าการลวกด้วยน้ำร้อน แต่ในแครอทจะใช้เวลาในการลวกที่เท่ากัน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่าการลวกด้วยไมโครเวฟจะมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าการลวกด้วยน้ำร้อน ปริมาณแคโรทีนอยด์ในแครอทที่ลวกด้วยไมโครเวฟจะสูงกว่าที่ลวกด้วยน้ำร้อน และยังพบว่าการลวกด้วยไมโครเวฟทำให้ทั้ง 3 ตัวอย่างสูญเสียน้ำไปประมาณร้อยละ 30 เนื่องจากผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

อัศวิน ชินธรรมมิตร (2546) อบแห้งแครอทขนาด 5x5x5 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และต่อด้วยการอบด้วยไมโครเวฟที่กัลังไฟ 80 วัตต์ เป็นเวลา 15 นาที พบว่าได้แครอทแบบแห้งไม่พองร้อยละ 83.14 และแบบแห้งไหม้ร้อยละ 16.85 จากการใช้ไมโครเวฟหลังจากการอบแห้งด้วยลมร้อนจะสามารถลดเวลาในการอบแห้งจากเดิม 10 ชั่วโมง เหลือเพียง 3 ชั่วโมง 15 นาที

ศารทิจ โรจน์วัฒนเมธี (2548) ใช้ไมโครเวฟในการลวกและทำแห้งแครอทในการลวก พบว่าการนำแครอทแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 3 มาผ่านสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในอุโมงค์ไมโครเวฟกัลังไฟ 2,400 วัตต์ (ความถี่ 2,450 เมกะเฮิรตซ์) ที่ความเร็วของสายพาน 1.5 เมตรต่อนาที นาน 2 นาที สามารถลดการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase activity residual) เหลือเพียงร้อยละ 10.27 ในการทำแห้งแครอทหลังจากนำแครอทไปลวกด้วยการผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟกัลังไฟ 800 วัตต์ ที่ความเร็วสายพาน 1.5 เมตรต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที โดยมีอัตราการทำแห้ง 3.52-55.08 กรัมต่อนาทีต่อน้ำหนักแห้ง แล้วต่อด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที จะมีอัตราการทำแห้ง 0.02-0.91 กรัมต่อนาทีต่อน้ำหนักแห้ง สามารถลดปริมาณความชื้นเหลือ 7.78 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเอนไซม์แอคทีวิตี 0.37 โดยยังคงมีวิตามินซีร้อยละ 32.46 และสามารถคืนรูปได้ลักษณะใกล้เคียงกับแครอทสดภายใน 6 นาที โดยการจุ่มในน้ำเดือด

2.4.1.2 การใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งผลไม้

Fenebo และคณะ (2000) ทำการลวกแอปเปิ้ลขนาด 15x15x15 มิลลิเมตร ด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 20 วัตต์ต่อกรัม เป็นเวลา 0 และ 5 นาที ก่อนนำไปอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และเวลา 0, 0.75 และ 2.5 นาที ก่อนอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเวลา 0, 2.5 และ 5 นาที ก่อนอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟมีผลต่อความหนาแน่น (bulk density) ความสามารถในการคืนรูป (rehydration capacity) และความหนาแน่นหลังการคืนรูป (stress at maximum force) ของแอปเปิ้ลอบแห้ง โดยการนำมาให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ 2.5 นาที ก่อนอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ความหนาแน่นรวมสูงสุด 796 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ 2.5 นาที ก่อนอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้ความสามารถในการคืนรูปสูงสุดและการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ 5 นาที ก่อนอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ความหนาแน่นต่ำสุด ส่วนแอปเปิ้ลที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้ความหนาแน่นรวมและความสามารถในการคืนรูปต่ำที่สุด ทั้งนี้เพราะคลื่นไมโครเวฟไปทำลายโครงสร้างเซลล์ของแอปเปิ้ลทำให้ความหนาแน่นรวมและความสามารถในการคืนรูปเพิ่มขึ้นและความหนาแน่นของเนื้อลดลง

Maskan (2000) ทดลองทำแห้งกล้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร หั่นเป็นแว่นหนา 4.3 มิลลิเมตร ด้วยวิธีการทำแห้ง 3 แบบ คือ แบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.45 เมตรต่อวินาที แบบไมโครเวฟที่กำลังไฟ 350 วัตต์ และแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.45 เมตรต่อวินาที จนมีความชื้น 1.25 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง แล้วตามด้วยการใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟ 350 วัตต์ พบว่าการทำแห้งกล้วยด้วยลมร้อนใช้เวลา 482 นาที ในขณะที่การทำแห้งแบบไมโครเวฟใช้เวลาเพียง 27 นาที ลดระยะเวลาทำแห้งลงร้อยละ 94 ส่วนการทำแห้งแบบลมร้อนก่อนนำมาทำแห้งด้วยไมโครเวฟนั้น พบว่าในขั้นตอนการทำแห้งแบบลมร้อนมีอัตราการทำแห้ง 0.35 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อนาที และเมื่อนำมาทำแห้งด้วยไมโครเวฟอัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 0.40 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อนาที และใช้เวลาในการทำแห้งทั้งหมด 172 นาที ทำให้เวลาในการทำแห้งลดลงร้อยละ 64.3

Min และคณะ (2004) ทำการลวกผลไม้อะลิคา (Areca) ด้วยไมโครเวฟกำลังไฟ 314 วัตต์ เป็นเวลา 0.5, 2.0, 3.0 และ 4.0 นาที และที่กำลังไฟ 446 วัตต์ เป็นเวลา 0.5, 1.0 และ 1.5 นาที ก่อนนำไปแช่แข็ง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการลวกที่กำลังไฟ 446 วัตต์ เป็นเวลา 0.5 นาที หลังผลิตภัณฑ์ผ่านการละลายน้ำแข็งจะให้สีที่ดีที่สุด และได้ศึกษาการแช่ผลไม้ในสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.5 และ 2.5 เป็นเวลา 10 นาที พบว่าการแช่ในสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 จะได้สีผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดหลังการละลาย

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุดิบ

3.1.1 หมาสดช่วงอายุ 5-6 เดือน พันธุ์ผลกลมแป้นและเมล็ดกลม จากสวนคุณอนุชนะทอง จังหวัดปัตตานี โดยเลือกผลหมากที่มีขนาดของเส้นรอบวงระหว่าง 12-14 เซนติเมตร และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

3.1.2 หมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดได้รับการอนุเคราะห์วัสดุดิบจากโรงงานของคุณพนมกร พรหมสะอาด จังหวัดระยอง

3.2 สารเคมี

3.2.1 กรดแกลลิก	Fluka Chemika	สวีตเซอร์แลนด์
3.2.2 กรดแทนนิก	Fluka Chemika	สวีตเซอร์แลนด์
3.2.3 โซเดียมคาร์บอเนต	VWR international Ltd.	อังกฤษ
3.2.4 Folin-ciocalteu reagent	VWR international Ltd.	อังกฤษ
3.2.5 เมทธานอล	Labscan Asia	ไทย

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.3.1 เครื่องไมโครเวฟ	TOSHIBA ER-A7C (S)	ไทย
3.3.2 เครื่องปั่นแรงเหวี่ยงสูง	Universal 16	ฮอนแลนด์
3.3.3 เครื่องวัดสี	Minolta CR300	ญี่ปุ่น
3.3.4 เครื่องอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์	CHINO IR-TA	จีน
3.3.5 เครื่องเขย่า	GFL 3017	เยอรมัน
3.3.6 ยูวี-สเปกโตรโฟโตมิเตอร์	Shimadzu UV-1601	ญี่ปุ่น
3.3.7 ตู้อบลมร้อน	UM 400	ไทย

3.4 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพหมากสดและหมากแห้ง

- 3.4.1 ตรวจสอบค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ตามวิธีของ Wang, 2000 (ภาคผนวก 1ก.)
- 3.4.2 ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC, 1990 (ภาคผนวก 2ก.)
- 3.4.3 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีของ Burns *et al.*, 2000 (ภาคผนวก 3.1ก.)
- 3.4.4 ปริมาณสารแทนนิน ตามวิธีของ AOAC, 2000 (ภาคผนวก 3.2ก.)

3.5 วิธีการดำเนินงาน

3.5.1 ศึกษาองค์ประกอบของสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในเนื้อหมากสด

หมากสดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ใช้มีดผ่าตรงกลางผลตามแนวยาวของผลหมาก (รูปที่ ข.1) จากนั้นวัดอุณหภูมิเนื้อหมากด้วยเครื่องอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ (รูปที่ ข.2) อุณหภูมิเนื้อหมากระหว่าง 14-15 องศาเซลเซียส และใช้มีดตัดบริเวณส่วนหัวของผลหมาก (รูปที่ ข.3) แกะเนื้อหมากออกจากเปลือก (รูปที่ ข.4) นำเนื้อหมากไปวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบค่าสีด้วยเครื่องวัดสี
- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด
- ปริมาณสารแทนนิน

3.5.2 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมของการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟ

หมากสดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง ใช้มีดผ่าตรงกลางผลตามแนวยาวของผลหมาก (รูปที่ ข.1) จากนั้นวัดอุณหภูมิเนื้อหมากด้วยเครื่องอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ (รูปที่ ข.2) อุณหภูมิเนื้อหมากระหว่าง 14-15 องศาเซลเซียส และใช้มีดตัดบริเวณส่วนหัวของผลหมาก (รูปที่ ข.3) แกะเนื้อหมากออกจากเปลือก (รูปที่ ข.4) นำเนื้อหมากมาหั่นเป็นแผ่นบางขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร หรือ 1/8 นิ้ว (พิสมัย พึงวิกรัย และพิมพ์ใจ พัฒนศิริพงศ์, 2543) (รูปที่ ข.5) วัดสีเนื้อหมากก่อนการทำแห้งด้วยเครื่องวัดสี (รูปที่ ก.1) จากนั้นเรียงเนื้อหมากบนจานเซรามิกจานละประมาณ 20 กรัม และทำแห้งเนื้อหมากด้วยไมโครเวฟ (รูปที่ ข.6) ที่กำลังไฟต่างๆ คือ 200, 600 และ 900 วัตต์ โดยการทำแห้งเนื้อหมากทุกๆ 30 วินาที จนกระทั่งหมากแห้งสนิท และมีปริมาณความชื้นเท่ากับหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (รูปที่ ข.7) วัดอุณหภูมิด้วยเครื่องอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ (รูปที่ ข.2) และวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (รูปที่ ก.1) เนื้อหมากหลังจากทำแห้งทุกครั้ง จากนั้นนำเนื้อหมากที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟต่างๆ ไปวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบค่าสีด้วยเครื่องวัดสี
- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด
- ปริมาณสารแทนนิน

จากนั้นหาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟ และหาอัตราส่วนของการทำหมากแห้งจากหมากสด 100 กรัม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.5.3 เปรียบเทียบคุณภาพของหมากสดกับหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

นำตัวอย่างหมากสดจากข้อ 3.5.1 มาเปรียบเทียบกับคุณภาพกับตัวอย่างหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที จากข้อ 3.5.2 โดยการเปรียบเทียบคุณภาพดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบค่าสีด้วยเครื่องวัดสี
- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด
- ปริมาณสารแทนนิน

3.5.4 ศึกษาองค์ประกอบของสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด

นำหมากสดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ใช้มีดผ่าตรงกลางผลตามแนวยาวของผลหมาก (รูปที่ ข.1) จากนั้นวัดอุณหภูมิเนื้อหมากด้วยเครื่องอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ (รูปที่ ข.2) อุณหภูมิเนื้อหมากระหว่าง 14-15 องศาเซลเซียส และใช้มีดตัดบริเวณส่วนหัวของผลหมาก (รูปที่ ข.3) แกะเนื้อหมากออกจากเปลือก (รูปที่ ข.4) นำเนื้อหมากมาหั่นเป็นแผ่นบางขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร หรือ 1/8 นิ้ว (พิสมัย พึ่งวิกรัย และพิมพ์ใจ พัฒนศิริพงศ์, 2543) (รูปที่ ข.5) ทำแห้งเนื้อหมากด้วยการตากแดด โดยเรียงเนื้อหมากบนกระดาษ (รูปที่ ข. 8) โดยเก็บตัวอย่างหมากแห้งทุกๆ 3 ชั่วโมง ตั้งแต่ช่วงเวลา 9.00-15.00 นาฬิกา ของทุกวันจนกระทั่งเนื้อหมากแห้งสนิทและมีปริมาณความชื้นเท่ากับหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (รูปที่ ข.7) วัดอุณหภูมิด้วยเครื่องอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ (รูปที่ ข.2) และวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (รูปที่ ก.1) เนื้อหมากหลังจากทำแห้งทุกครั้งจากนั้นนำเนื้อหมากที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดไปวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบค่าสีด้วยเครื่องวัดสี
- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด
- ปริมาณสารแทนนิน

3.5.5 เปรียบเทียบคุณภาพของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด

นำตัวอย่างหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กําลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที จากข้อ 3.5.2 มาเปรียบเทียบกับตัวอย่างหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดจากข้อ 3.5.4 โดยการเปรียบเทียบคุณภาพดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบค่าสีด้วยเครื่องวัดสี
- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด
- ปริมาณสารแทนนิน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย Independent-Samples T Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในเนื้อหมากสดและหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

จากการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น สี ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินในเนื้อหมากสด จากตารางที่ 4.1 พบว่าลักษณะของเนื้อหมากสดมีสีน้ำตาลอ่อนและปริมาณความชื้นเท่ากับ 3.01 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนิน พบว่าหมากสดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินเท่ากับ 51.60 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และ 3.55 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับผลการทดลองของ Wetwitayaklung และคณะ (2006) พบว่าหมากสดช่วงอายุ 4-6 เดือน มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินสูง และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Muchuweti และคณะ (2006) พบว่าในผลไม้ดิบมีปริมาณสารแทนนินสูง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น สี ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินในหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด จากตารางที่ 4.1 พบว่าลักษณะของหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดมีสีน้ำตาลคล้ำมาก เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทำให้เนื้อหมากเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีในระหว่างการทำแห้งด้วยการตากแดดซึ่งใช้ระยะเวลา 2-3 วัน และหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 0.10 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนิน พบว่าหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินเท่ากับ 31.28 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และ 0.98 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้น สี (L^* , a^* , b^*) ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณแทนนินในหมากสดและหมากแห้ง MK

ตัวอย่าง	สี			ความชื้น	โพลีฟีนอลทั้งหมด	แทนนิน
	L^*	a^*	b^*	กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง
หมากสด	63.14	5.47	16.26	3.01±0.45	51.60±0.68	3.55±0.17
หมากแห้ง MK	35.95	15.86	7.75	0.10±0.00	31.28±0.46	0.98±0.02

หมายเหตุ – หมากแห้ง MK หมายถึง หมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

– ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

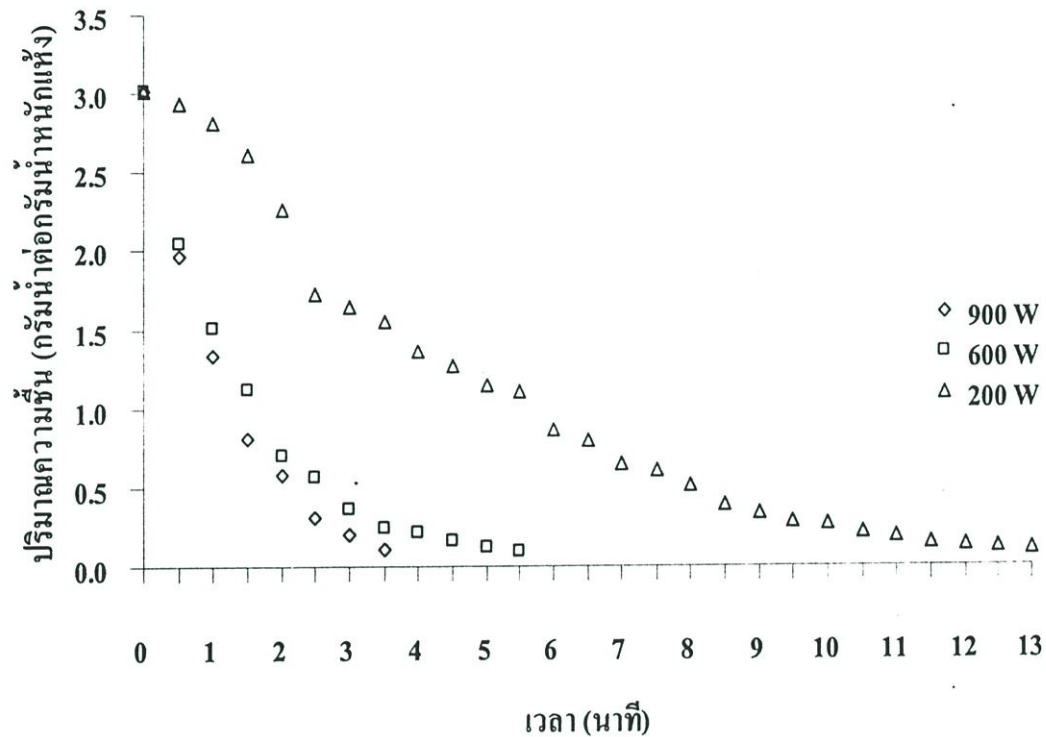
4.2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟ

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์ โดยการทำให้หมากครั้งละประมาณ 20 กรัม ทุกๆ 30 วินาที จนกระทั่งเนื้อหมากแห้งสนิทและมีปริมาณความชื้นเท่ากับหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด พบว่าการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์ ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งหมากนาน 13, 5.5 และ 3.5 นาที ตามลำดับ

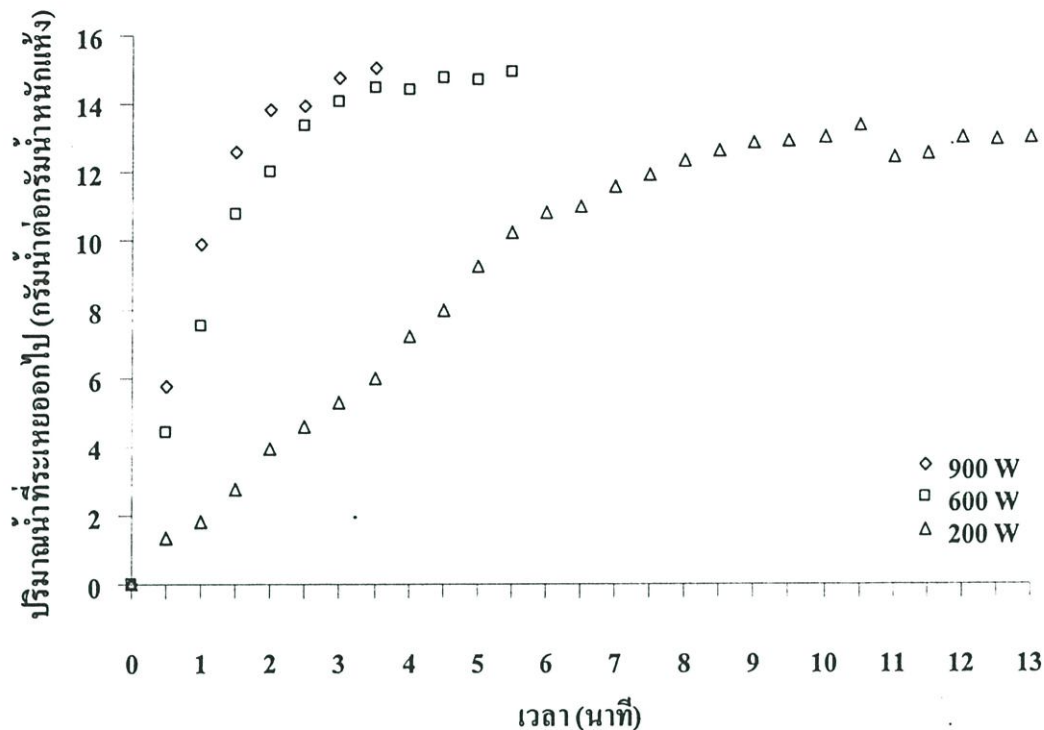
จากการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 600 และ 900 วัตต์ พบว่าการทำแห้งหมากใช้ระยะเวลาสั้น โดยใช้ระยะเวลาเพียง 5.5 และ 3.5 นาที ตามลำดับ เนื่องจากการทำแห้งที่กำลังไฟ 600 และ 900 วัตต์ มีค่าระดับพลังงานสูงใกล้เคียงกัน อุณหภูมิในการทำแห้งระหว่าง 123.70-131.40 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 1c และปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อหมากระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณความชื้นลดลงจาก 3.01 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง เหลือ 0.10 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้งเท่ากัน จากการวัดสีของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 600 และ 900 วัตต์ พบว่าเนื้อหมากมีการเปลี่ยนแปลงของสีมากซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีเท่ากับ 25.19 และ 21.54 ตามลำดับ ส่งผลทำให้ลักษณะของหมากแห้งที่ได้มีสีน้ำตาลคล้ำและไหม้เป็นจำนวนมาก

จากการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ พบว่าการทำแห้งหมากใช้ระยะเวลา 13 นาที เนื่องจากการทำแห้งที่กำลังไฟ 200 วัตต์ มีค่าระดับพลังงานต่ำ อุณหภูมิในการทำแห้งเท่ากับ 105.20 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 1c และปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อหมากจะค่อยๆ ระเหยออกไปอย่างช้าๆ โดยปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปมีปริมาณเท่ากับ 13.06 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ปริมาณความชื้นลดลงจาก 3.01 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง เหลือ 0.10 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง จากการวัดสีพบว่าหมากแห้งมีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.29 และหมากแห้งที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องผลการทดลองของ Maskan (2000) พบว่าการทำแห้งกล้วยด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟต่ำสามารถรักษาสีของกล้วยได้ และใช้ระยะเวลาสั้นใน

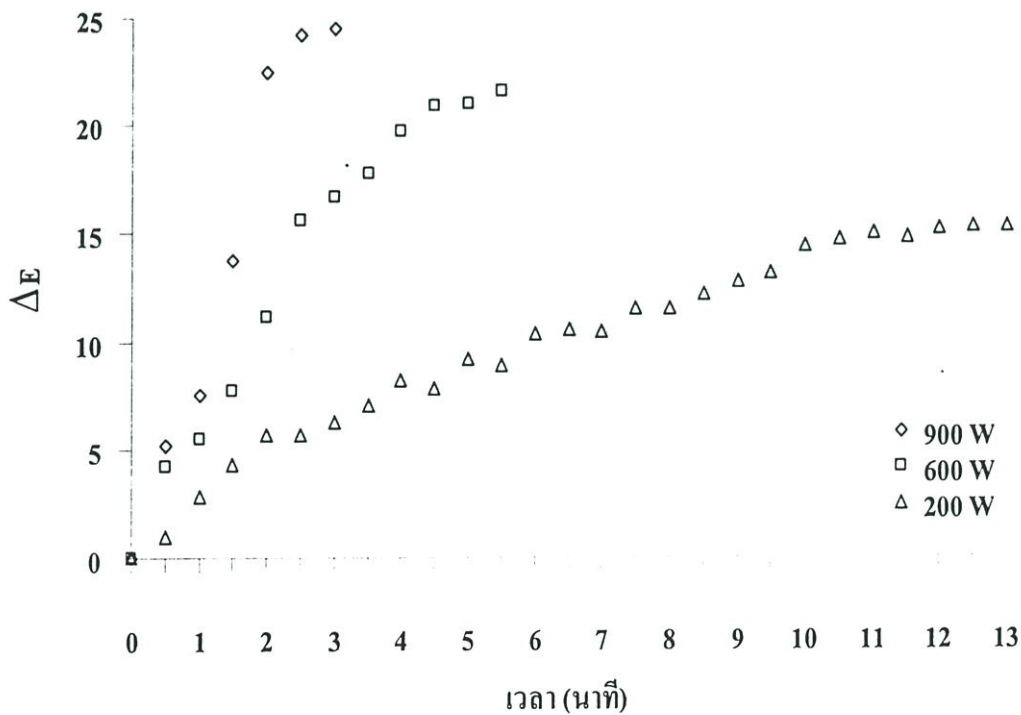
การทำแห้งเมื่อเทียบกับการทำแห้งด้วยวิธีอื่น และสอดคล้องผลการทดลองของ Reyes และคณะ (2007) พบว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟใช้ระยะเวลาสั้นและช่วยรักษาสีขึ้นมันฝรั่งแห้ง แสดงดังรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 กราฟปริมาณความชื้น (กรัมน้ำต่อกรัมแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์

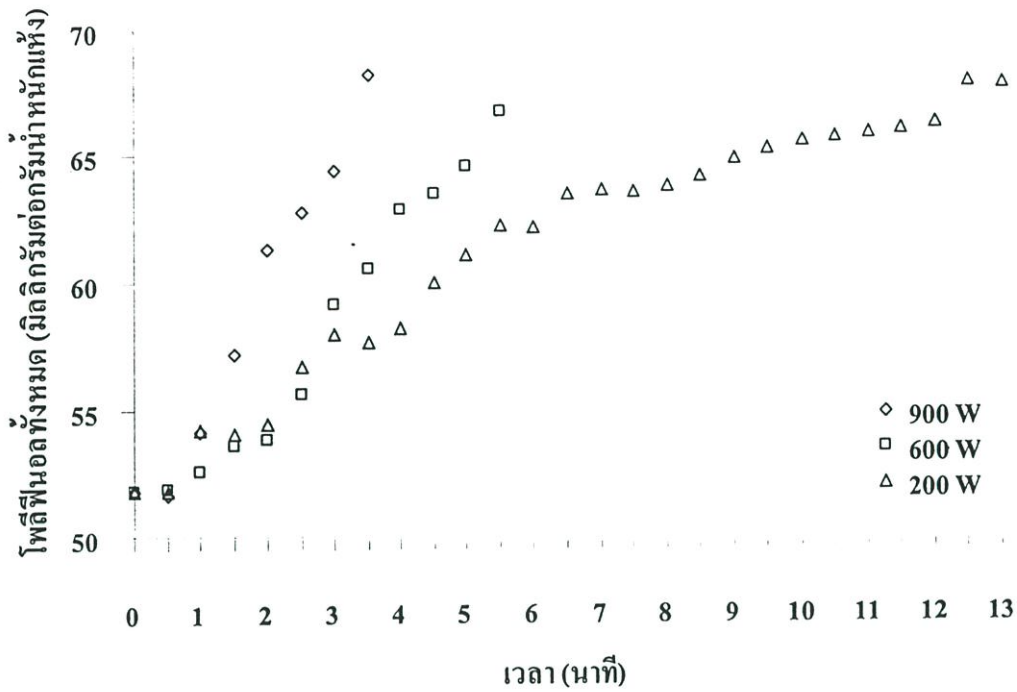


รูปที่ 4.2 กราฟปริมาณน้ำที่ระเหยออกไป (กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์

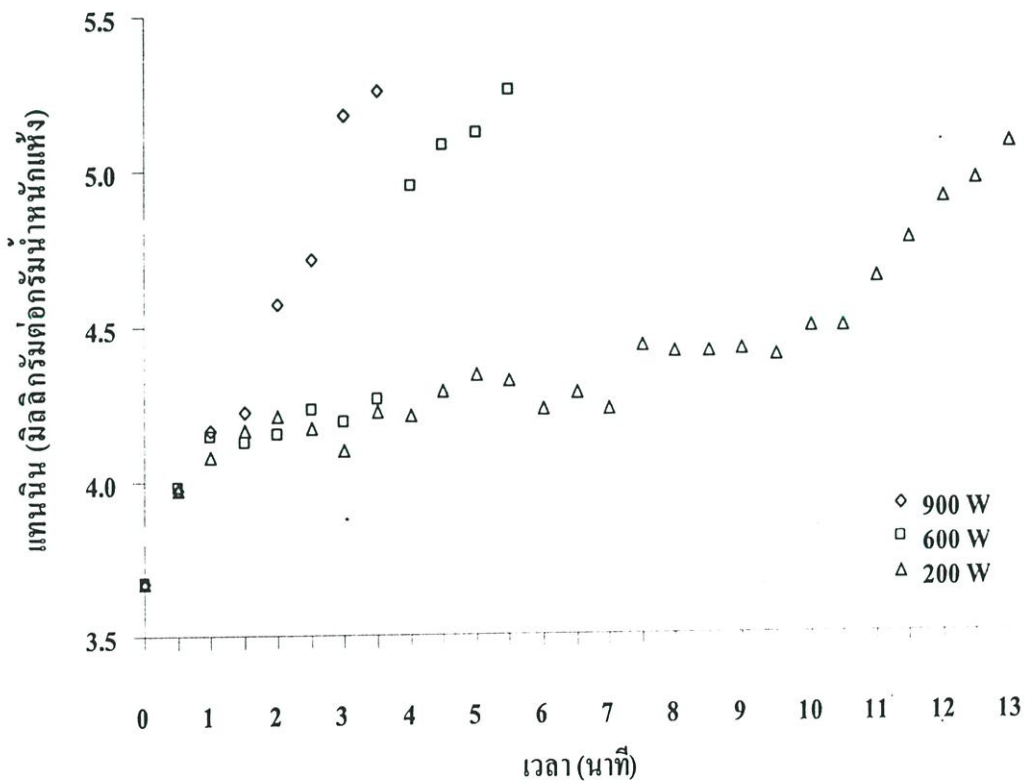


รูปที่ 4.3 กราฟการเปลี่ยนแปลงสีของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินในหมากที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์ ใช้เวลาทำแห้งนาน 13, 5.5 และ 3.5 นาที ตามลำดับ พบว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนานขึ้น เนื่องจากการทำแห้งด้วยไมโครเวฟซึ่งมีระดับพลังงานสูงและมีประสิทธิภาพในการทำแห้งดีกว่าวิธีอื่นนั้นสามารถลดการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและระยะเวลาในการทำแห้งได้ (Lim and Murtijaya, 2007; Reyes *et al.*, 2007) โดยการทำแห้งที่ระดับพลังงานสูงอาจจะทำให้ผนังเซลล์และพันธะระหว่างสารประกอบฟีนอลิกถูกทำลาย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้สารประกอบฟีนอลิกหลุดออกจากเซลล์ (Toor and Savage, 2006) ทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ชนิดของสารสกัดยังมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสารแทนนิน จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสารแทนนิน โดยการสกัดหมากแห้งด้วยสารละลายเมธานอล 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสารแทนนินมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Muchuweti และคณะ (2006) พบว่าผลไม้ที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเมื่อนำมาสกัดด้วยสารละลายเมธานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารแทนนินจะเพิ่มขึ้น Katsube *et al.*, (2004) รายงานว่าการสกัดด้วยสารละลายเมธานอล 40-80 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลเพิ่มขึ้นกว่าการสกัดด้วยสารละลายแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ เนื่องจากสารละลายเมธานอลจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Lim and Murtijaya, 2007) แสดงดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ



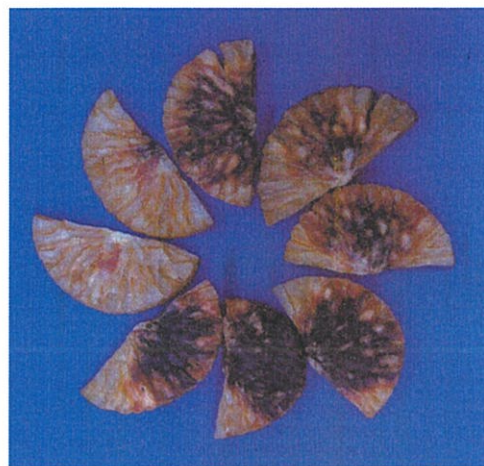
รูปที่ 4.4 กราฟปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์



รูปที่ 4.5 กราฟปริมาณสารแทนนิน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 4.6 ลักษณะของหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที (a), 600 วัตต์ นาน 5.5 นาที (b) และ 900 วัตต์ นาน 3.5 นาที (c)

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำให้แห้งหมากด้วยไมโครเวฟ พบว่าหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยกว่าหมากที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 600 และ 900 วัตต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ลักษณะของหมากแห้งที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มเล็กน้อยแสดงดังรูปที่ 4.6 ปริมาณความชื้นของหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณความชื้นลดลงจาก 3.01 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง เหลือ 0.10 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และปริมาณความชื้นเท่ากับหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด และการทำให้แห้งหมากด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 600 และ 900 วัตต์

ลักษณะของหมากแห้งที่ได้มีสีน้ำตาลคล้ำและไหม้เป็นจำนวนมากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังรูปที่ 4.6 จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินของหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200, 600 และ 900 วัตต์ พบว่าหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟต่างกันมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณของสารดังกล่าวอยู่ในช่วงระหว่าง 66.23-68.24 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และ 5.08-5.26 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.2 และจากการหาอัตราส่วนของการทำให้แห้งหมากสด 100 กรัม ด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที พบว่าหมากสด 100 กรัม ทำเป็นหมากแห้งได้ประมาณ 25 กรัม

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบปริมาณความชื้น การเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแทนนินในหมากแห้ง MW ที่กำลังไฟต่างๆ

กำลังไฟ	เวลา	ΔE	ความชื้น	โพลีฟีนอลทั้งหมด	แทนนิน
วัตต์	นาที		กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง
900	3.50	25.19 \pm 1.11 ^a	0.10 \pm 0.01 ^{ns}	68.24 \pm 3.21 ^{ns}	5.26 \pm 0.18 ^{ns}
600	5.50	21.54 \pm 3.30 ^a	0.10 \pm 0.00 ^{ns}	66.70 \pm 2.25 ^{ns}	5.26 \pm 0.04 ^{ns}
200	13.00	15.29 \pm 0.56 ^b	0.10 \pm 0.01 ^{ns}	66.23 \pm 1.21 ^{ns}	5.08 \pm 0.08 ^{ns}

หมายเหตุ – หมากแห้ง MW หมายถึง หมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟ

– ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

– ^{a,b}: อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

– ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของหมากสดกับหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟ

จากการเปรียบเทียบคุณภาพของหมากสดกับหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟ พบว่าการทำให้แห้งหมากด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที หมากแห้งที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มเล็กน้อยเมื่อเทียบกับหมากสดซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อน (รูปที่ 4.7) และหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีเท่ากับ 15.29 ปริมาณความชื้นลดลงจาก 3.01 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง เหลือ 0.10 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินของหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้ง

ด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที มีปริมาณมากกว่าหมากสด เนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงอาจจะทำให้ผนังเซลล์และพันธะระหว่างสารประกอบฟีนอลิกถูกทำลาย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้สารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ภายในเซลล์หลุดออกจากเซลล์ (Toor and Savage, 2006) จึงทำให้หมากแห้งมีปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินเพิ่มขึ้น แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณความชื้น การเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแทนนินในหมากสดและหมากแห้ง MW

ตัวอย่าง	ΔE	ความชื้น กรัม/น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	โพลีฟีนอลทั้งหมด มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	แทนนิน มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง
หมากสด	–	3.01±0.45	51.60±0.68	3.55±0.17
หมากแห้ง MW	15.29±0.56	0.10±0.01	66.23±1.21	5.08±0.08

หมายเหตุ – หมากแห้ง MW หมายถึง หมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที
– ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ



(a)

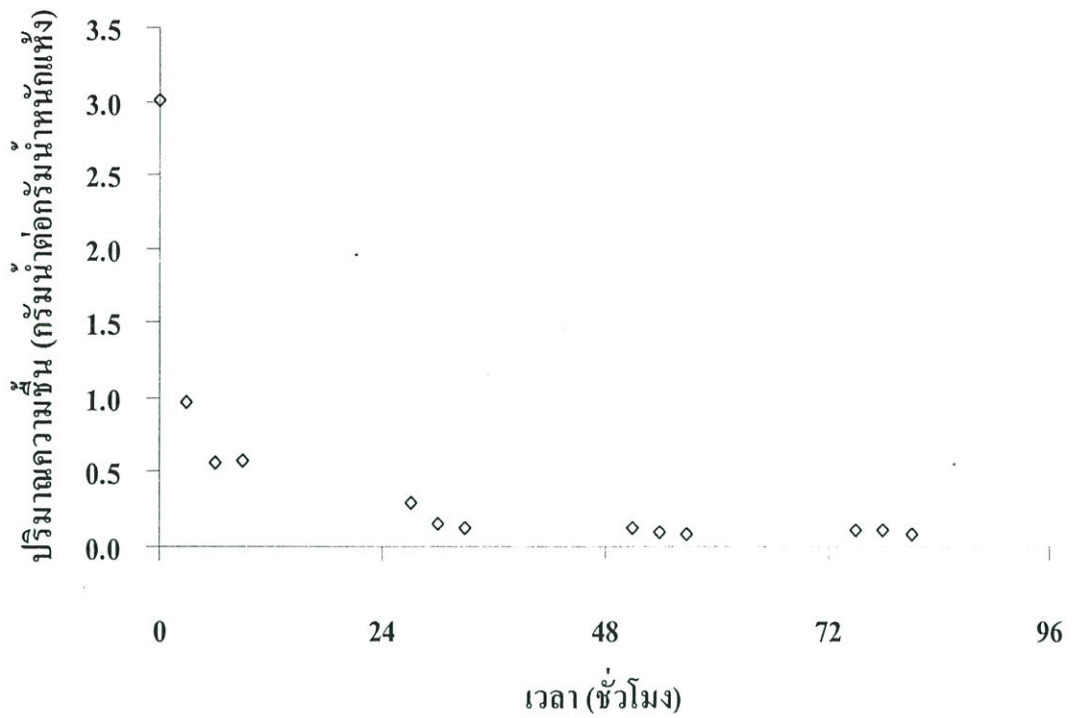


(b)

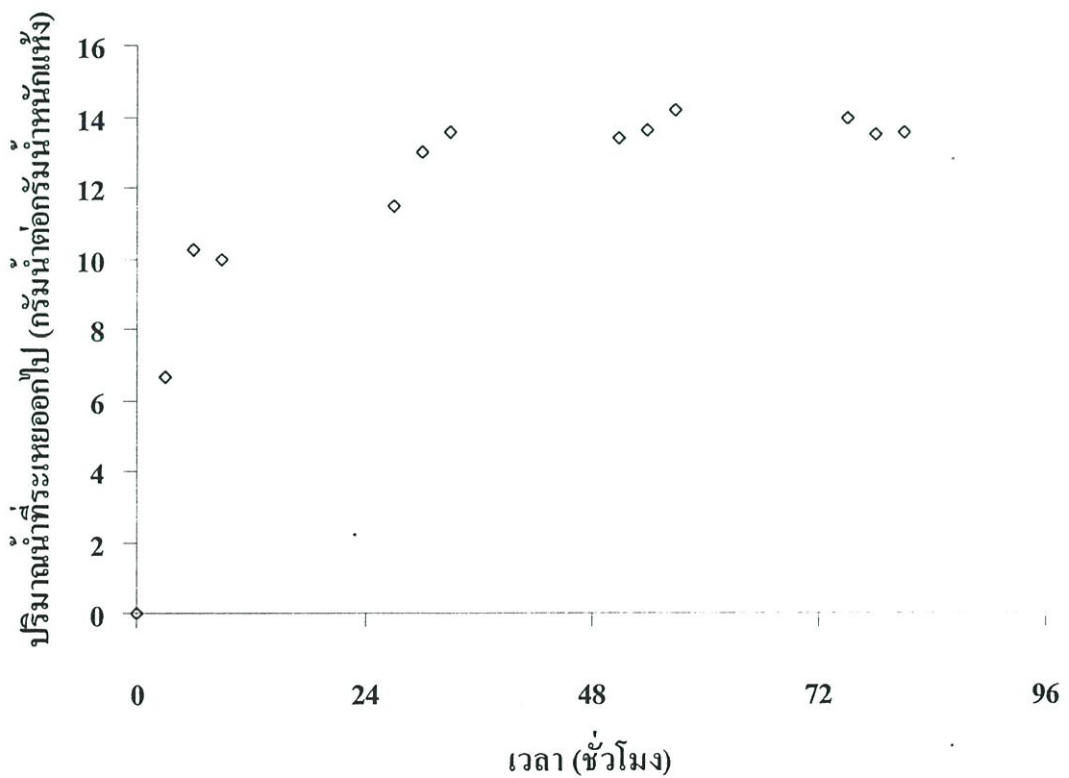
รูปที่ 4.7 ลักษณะของหมากสด (a) และหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที (b)

4.4 ผลการศึกษาองค์ประกอบของสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด

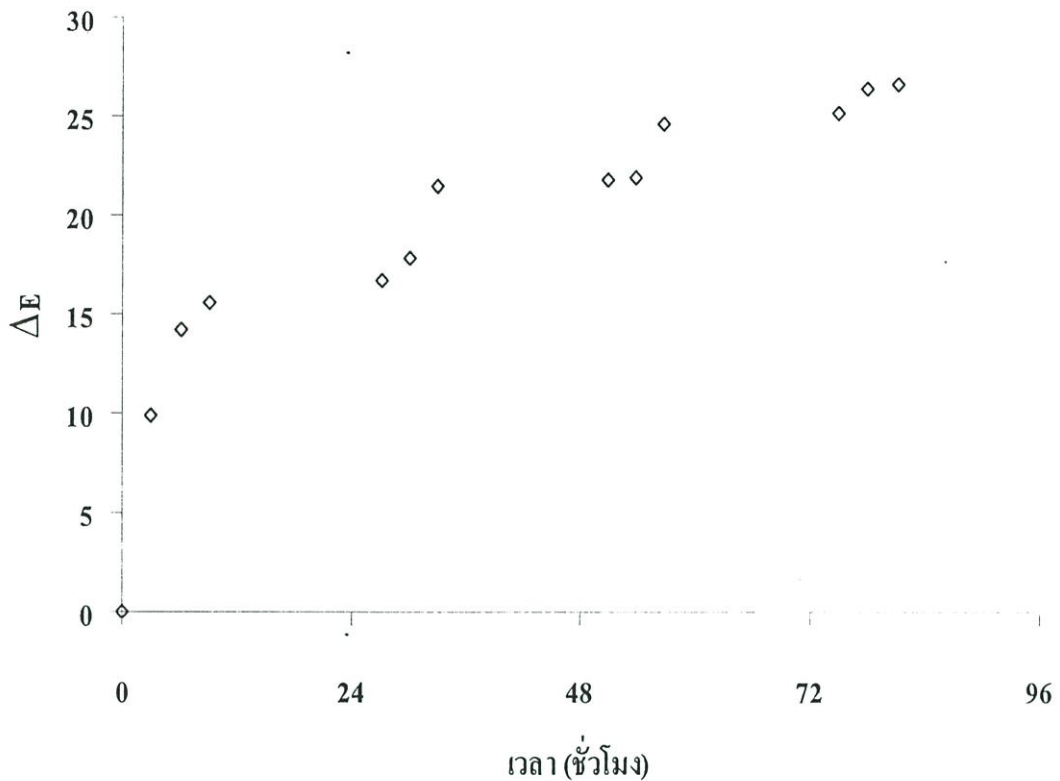
จากการศึกษาองค์ประกอบของสาร โพลีฟีนอลทั้งหมดในหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด โดยเก็บตัวอย่างหมากแห้งทุกๆ 3 ชั่วโมง ตั้งแต่ช่วงเวลา 9.00-15.00 นาฬิกา ของทุกวันจนกระทั่งเนื้อหมากแห้งสนิทและมีปริมาณความชื้นเท่ากับหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด พบว่าการทำแห้งหมากด้วยการตากแดดใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนาน 4 วัน หลังจากการทำแห้งหมากด้วยการตากแดดหมากแห้งมีปริมาณความชื้นลดลงจาก 3.01 กรัม/น้ำต่อกรัม/น้ำหนักแห้ง เหลือ 0.09 กรัม/น้ำต่อกรัม/น้ำหนักแห้ง เนื้อหมากจึงแห้งสนิทและมีปริมาณความชื้นเท่ากับหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด และจากการทำแห้งหมากด้วยการตากแดดปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อหมากจะค่อยๆระเหยออกไปอย่างช้าๆ โดยปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปมีปริมาณเท่ากับ 13.58 กรัม/น้ำต่อกรัม/น้ำหนักแห้ง จากการวัดสีของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดพบว่าหมากแห้งเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมากซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีเท่ากับ 26.69 เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส Lim and Murtijiya (2007) รายงานว่าระหว่างการทำแห้งด้วยการตากแดดไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส แต่เป็นการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ลักษณะของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดมีสีน้ำตาลคล้ำมาก และหดตัว เนื่องจากระหว่างการทำแห้งด้วยการตากแดดจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่าง สี และลักษณะเนื้อสัมผัส (Kingsly *et al.*, 2007) แสดงดังรูปที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ



รูปที่ 4.8 กราฟปริมาณความชื้น (กรัม น้ำ ต่อ กรัม น้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด

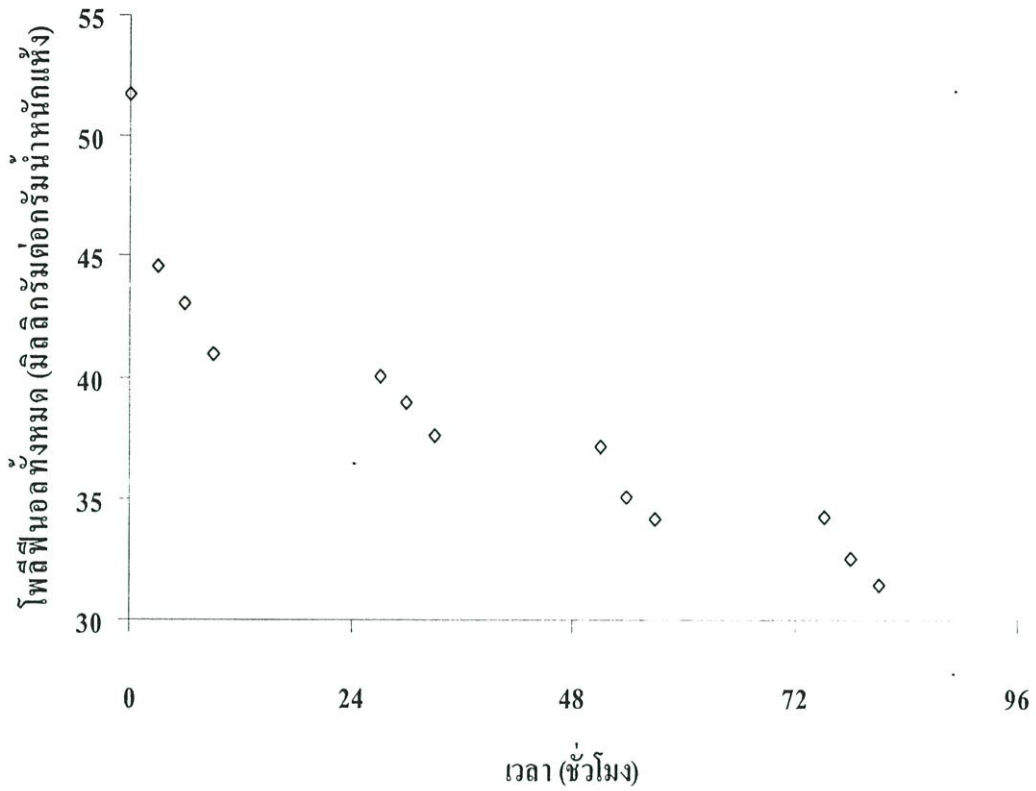


รูปที่ 4.9 กราฟปริมาณน้ำที่ระเหยออกไป (กรัม น้ำ ต่อ กรัม น้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด

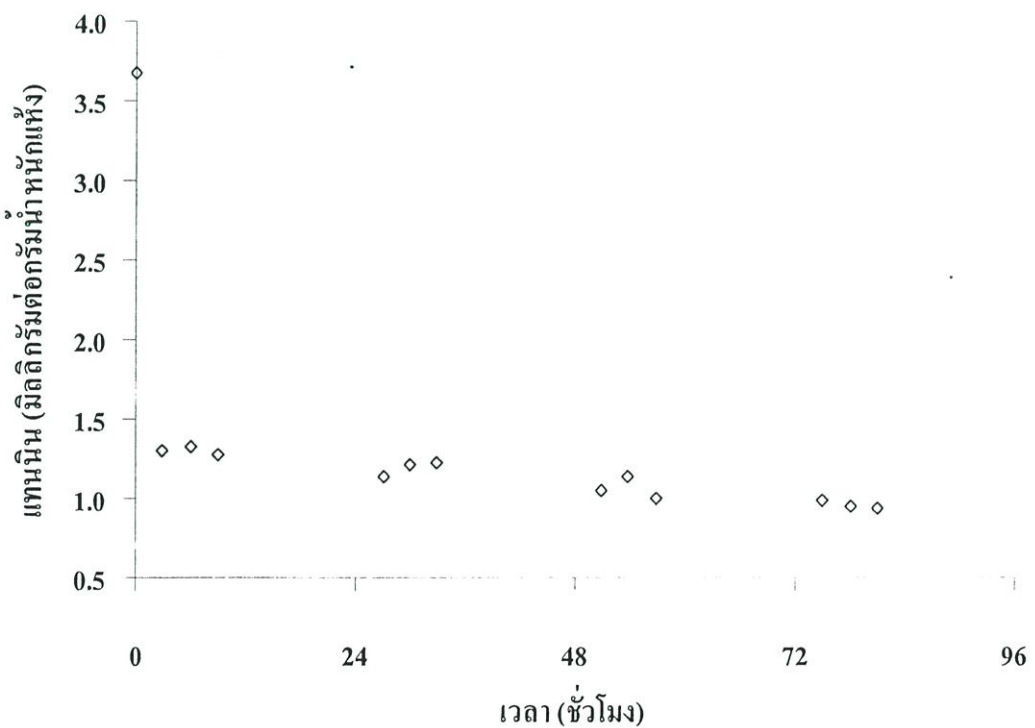


รูปที่ 4.10 กราฟการเปลี่ยนแปลงสีของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินในหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดซึ่งใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนาน 4 วัน พบว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินมีแนวโน้มลดลง เมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนานขึ้น เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็วเมื่อถูกแสงแดด (Lim and Murtijaya, 2007) ดังนั้นการทำแห้งด้วยการตากแดดจึงเป็นสาเหตุทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลที่มีอยู่ในเนื้อหมากมีปริมาณลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Muchuweti และคณะ (2006) พบว่าหลังจากทำแห้งผลไม้ (*Uapaca kirkiana*) ด้วยการตากแดดผลไม้ (*Uapaca kirkiana*) มีปริมาณสารแทนนินลดลง และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Lim และ Murtijaya (2007) พบว่าพืช (*Phyllanthus amarus*) ที่ทำแห้งด้วยการตากแดดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงเมื่อเทียบกับพืชสดแสดงดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ



รูปที่ 4.11 กราฟปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยการตากแดด



รูปที่ 4.12 กราฟปริมาณสารแทนนิน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยการตากแดด

4.5 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด

จากการเปรียบเทียบคุณภาพของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด พบว่าหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที มีสีน้ำตาลเข้มเล็กน้อยเมื่อเทียบกับหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดและหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดซึ่งมีลักษณะแห้ง หดตัว และมีสีน้ำตาลคล้ำมาก (รูปที่ 4.13) จะเห็นได้ว่าการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยกว่าการทำแห้งหมากด้วยการตากแดดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีเท่ากับ 15.29 หลังจากการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟและการตากแดดพบว่าหมากแห้งมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟมีปริมาณมากกว่าหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากการทำแห้งด้วยไมโครเวฟซึ่งมีระดับพลังงานสูงนั้นอาจจะทำให้ผนังเซลล์และพันธะระหว่างสารประกอบฟีนอลิกถูกทำลาย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้สารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ภายในเซลล์หลุดออกมาจากเซลล์ (Toor and Savage, 2006) และการทำแห้งหมากด้วยการตากแดดปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณลดลง เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็วเมื่อถูกแสงแดด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Lim และ Murtijaya (2007) พบว่าพืช (*Phyllanthus amarus*) ที่ทำแห้งด้วยการตากแดดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงเมื่อเทียบกับพืชสด และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Muchuweti และคณะ (2006) พบว่าหลังจากทำแห้งผลไม้ (*Uapaca kirkiana*) ด้วยการตากแดดปริมาณสารแทนนินที่มีอยู่ในผลไม้ (*Uapaca kirkiana*) มีปริมาณลดลง แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณความชื้น การเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณ โพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแทนนินในหมากแห้ง MW และหมากแห้ง SL

ตัวอย่าง	ΔE	ความชื้น กรัมน้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	โพลีฟีนอลทั้งหมด มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	แทนนิน มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง
หมากแห้ง MW	15.29±0.56 ^b	0.10±0.01 ^{ns}	66.23±1.21 ^a	5.08±0.08 ^a
หมากแห้ง SL	26.69±0.64 ^a	0.09±0.00 ^{ns}	31.43±0.30 ^b	0.94±0.02 ^b

หมายเหตุ – หมากแห้ง MW หมายถึง หมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

– หมากแห้ง SL หมายถึง หมากแห้งที่ผ่านทำแห้งด้วยการตากแดด

– ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

– ^{a,b}: อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p < 0.05$)

– ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 4.13 ลักษณะของหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที (a), หมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดดจากการทดลอง (b) และหมากแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (c)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟสามารถรักษาคุณภาพทางด้านสีของหมากแห้งและลดระยะเวลาในการทำแห้งหมากลงได้ เนื่องจากการทำแห้งหมากด้วยการตากแดดใช้ระยะเวลานาน ซึ่งส่งผลทำให้หมากแห้งเกิดสีน้ำตาลคล้ำ

การทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที หมากแห้งมีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อย ลักษณะของหมากแห้งที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มเล็กน้อย และปริมาณความชื้นลดลงจาก 3.01 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง เหลือ 0.10 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินมีเท่ากับ 66.23 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และ 5.08 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และการทำแห้งหมากสด 100 กรัม ด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที เป็นหมากแห้งได้ประมาณ 25 กรัม

การทำแห้งหมากด้วยการตากแดดใช้ระยะเวลานาน 4 วัน ลักษณะของหมากแห้งที่ได้มีสีน้ำตาลคล้ำมากและปริมาณความชื้นเท่ากับ 0.09 กรัม น้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนินมีเท่ากับ 31.43 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และ 0.94 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

การทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และปริมาณสารแทนนินในหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ นาน 13 นาที มีปริมาณมากกว่าหมากสดและหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด

บรรณานุกรม

- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรม. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธีรวัฒน์ ประหยัดทรัพย์. 2532. หมาก. กรุงเทพฯ. ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร.
- “ฝ่ายประมวลผล กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร.” 2545. แหล่งเพาะปลูกหมาก 10 อันดับแรกของประเทศไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก. <http://www.doae.go.th/Library/html/detail/whitecab/index.htm>.
- พิสมัย พึ่งวิกรัย และพิมพ์ใจ พัฒนศิริพงศ์. 2543. หน้า 11-39. ใน เอกสารวิชาการเรื่อง การปลูกหมากเพื่อการค้า. กรุงเทพฯ. กลุ่มไม้ยืนต้นอุตสาหกรรม. กองส่งเสริมพืชสวน. กรมส่งเสริมการเกษตร.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท). 2544. ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 16 พืชที่ให้สารกระตุ้น. โครงการ PROSEA Thailand Country Office. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท). 2544. ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 3 พืชที่ให้สีย้อมและแทนนิน. โครงการ PROSEA Thailand Country Office. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- “ส่วนส่งเสริมไม้ผล ไม้ยืนต้นและยางพารา สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร.” 2547. อนาคตของหมากไทยจะเป็นอย่างไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก. <http://www.doae.go.th/library/html/detail/futureofac/inde.htm>
- สารกิจ โรจน์วัฒน์เมธี. 2548. “การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการลวกและการอบแห้งแครอท.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อัศวิน ชินธรรมมิตร. 2546. “การพัฒนากรรมวิธีการอบแห้งแครอทและเนื้อไก่โดยการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. 1990. Association of Official Method of Analysis. 15 th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.
- AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists. 17 th ed. Washington, D.C.: Association of Official Chemist, Inc.
- Berman, A.F. 2000. Herb-Drug Interaction. *The Lancet*. 355 (Jan.): 134-138.

- Burns, J.; Gardner, P.T.; O'Neil, J.; Crawford, S.; Morecroft, I. and McPhail, D.B. 2000. Relationship among Antioxidant Activity, Vasodilation Capacity, and Phenolic Content of Red Wines. **J. of Agric Food Chem.** 48: 220-230.
- Butler, L. G. and Pushpamma, P. 1991. Tannin in Betel Nut and Its Products Consumed in India: Comparison with High-Tannin Sorghum. **J. of Agric Food Chem.** 39: 322-326.
- Cox, S.; Piatkov, I.; Vickers, E.R. and Ma, G. 2004. High-Performance Liquid Chromatographic Determination of Arecoline in Human Saliva. **J. of Chromatography A.** 1032: 93-95.
- Drug Info Clearinghouse. 2006. Betel Nut: The Effects of Chewing Areca Nut and Betel Quid. Australian Drug Foundation. [Online]. Available : <http://www.druginfo.adf.org.au>.
- Decareau, R.V. 1992. Microwave Foods: New Product Development. **Food & Nutrition Press.** Inc. Connecticut.
- Devece, C.; Rodriguez-Lopez, J.N.; Fmoll, G.L.; Tudela,J.; Catala, J.M.; Reyes, E.D.L. and Garcia-Canovas, F. 1999. Enzyme Inactivation Analysis for Industrial Blanching Applications: Comparitions of Microwave, Conventional and Combination Heat Treatments on Mushroom Polyphenoloxidase Activity. **J. of Agric Food Chem.** 47: 4506-4511.
- Fadhel, A.; Kooli, S.; Farhat, A. and Bellghih, A. 2005. Study of The Solar drying of Grapes by Three Different processes. **Desalination.** 185: 535-541.
- Fenebo, T.; Ahrne, L.; Kidman, S.; Langton, M. and Skjodebrand, C. 2000. Microwave Heat Treatment of Apple before Air Dehydration – Effects on Physical Properties and Micro Struture. **J. of Food Eng.** 49: 173-182.
- Guine, R.P.F.; Ferreira, D.M.S.; Barroca, M.J. and Goncalves, F.M. 2007. Study of The Drying Kinetics of Solar-Dried Pears. **Biosystems Engineering.** 98: 422-429.
- Hossain, M.A. and Bala, B.K. 2007. Drying of Hot Chilli Using Solar Tunnel Drier. **Solar Energy.** 81: 85-92.
- Jeng, J.H.; Chang, M.C. and Hahn, L.J. 2001. Role of Areca Nut in Betel Quid-Associated Chemical Carcinogenesis: Current Awareness and Future Perspectives. **Oral Oncology.** 37: 477-492.
- Katsube, T.; Tabata, H.; Ohta, Y.; Yamasaki, Y.; Anuurad, E. and Shiwaku, K. (2004) Screening for Antioxidant Activity in Edible Plant Products: Comparion of Low-Density Lipoprotein Oxidation Assay, DPPH, Radical Scavenging Assay and Folin-Ciocalteu Assay. **J. of Agric Food Chem** 52: 2391-2396.

- Khraisheh, M.A.M.; McMinn, W.A.M. and Magee, T.R.A. 2000. A Multiple Regression Approach to Combined Microwave and Air Drying Process. **J. of Food Eng.** 43: 243-250.
- Kingsly, A.R.P.; Meena, H.R.; Jain, R.K. and Singh, D.B. 2007. Shrinkage of *ber (Zizyphus mauritiana)* Fruits During Sun Drying. **J. of Food Eng.** 79: 6-10.
- Krokida, M.K.; Kiranoudis, C.T.; Mamroulis, Z.B. and Marinos-Kouris, D. 2000. Effect of Pretreatment on Color of Dehydrated Products. **Drying Tech.** 18: 1239-1250.
- Lim, Y.Y. and Murtijaya, J. 2007. Antioxidant Properties of *phyllanthus amarus* Extracts as Affected by Different Drying methods. **LWT.** 40: 1664-1669.
- Maskan, M. 2000. Microwave/Air and Microwave Finish Drying of Banana. **J. of Food Eng.** 44: 71-78.
- Min, Z.; Duan, Z.H.; Zhang, J.F. and Peng, J. 2004. Effect of Freezing Conditions on Quality of Areca Fruits. **J. of Food Eng.** 61: 393-397.
- Mohanraj, M. and Chandrasekar, P. 2008. Drying of Copra in Forced Convection Solar Drier. **Biosystems Engineering.** 99: 604-607.
- Muchuweti, M.; Ndhlala, A.R. and Kasiamhuru, A. 2006. Analysis of phenolic Compounds Including Tannins, Gallotannin and Flavanols of *Uapaca kirkiana* Fruit. **J. of Food Chem.** 94: 415-419.
- Oxenham M.F.; Locher C.; Cuong N.L. and Thuy N.K. 2002. Identification of *Areca catechu* (Betel Nut) Residues on the Dentitions of Bronze Age Inhabitants of Nui Nap, Northern Vietnam. **J. of Archaeological Science.** 29: 909 – 915.
- Park, Y.S.; Jung, S.T.; Kang, S.G.; Efren, D.L.; Ayala, A.L.M.; Maria, S.T. and Olga M.B. 2006. Drying of Persimmons (*Diospyros kaki L.*) and The Following Changes in The Studied Bioactive Compound and The Total Radical Scavenging Activities. **LWT.** 39: 748-755.
- Ponne, C.T.; Batsal, T. and Yuksel, D. 1994. Blanching Leafy Vegetable with Electromagnetic Energy. **J. of Food Sci.** 59 (5): 1037-1041.
- Ramesh, M.N.; Wolf, T. and Yuksel, D. 2002. Blanching Leafy Vegetables with Electromagnetic Energy. **J. of Food Sci.** 67: 390-398.
- Reijiro, U.; Toshiharu, M.; Masaya, I.; Yasuhiro, T. and Akira, F. 1988. New 5-Nucleotidase Inhibitors NPF-86IA, NPF-86IB, NPF-86A and NPF-86B from *Areca catechu*. Part: Isolation and Biological Properties. **Planta Medica.** 54: 419-422.

- Ren, G. and Chen, F.1998. Drying of American Ginseng (*Penex quinquefolium*) Roots by Microwave-Hot air combination. **J. of Food Eng.** 35: 433-443.
- Reyes, A.; Ceron, S.; Zuniga, R. and Moyano, P. 2007. A Comparative Study of Microwave-Assisted Air Drying of Potato Slices. **Biosystems Engineering.** 98: 310-318.
- Sacilik, K.; Keskin, R. and Elicin, A.K. 2006. Mathematical Modelling of Solar Tunnel Drying of Thin Layer organic Tomato. **J. of Food Eng.** 73: 231-238.
- Shamina, A.; Senthil, A.; Sachidananda, A.; Namita, R.; Nirmala, R. and Laxminarayana, A.U. 2007. Wound Healing Profile of Areca Catechu Extracts on Different Wound Models in Wistar Rats. **J. Kuwait Medical.** 39 (1): 48-52.
- Toor, R.K. and Savage, G.P. 2006. Effect of Semi-Drying on The Antioxidant Components of Tomatos. **J. of Food Chem.** 94: 90-97.
- Wang,L.F.; Kim, D.M. and Lee, C.Y. 2000. Effects of Heat Processing and Storage on Flavanols and Sensory Qualities of Green Tea Beverage. **J. of Agric Food Chem.** 48: 4227-4232.
- Wetwitayaklung, P.; Thawatchai, P.; Chutima, L. and Sindhchai, K. 2006. The Study of Antioxidant Capacity in Various Parts of *Areca catechu* L. **J. Naresuan University.** 14 (1): 1-14.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อหมาก

1ก. ตรวจสอบค่าสี

วัดค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของเนื้อหมากตามวิธีของ Wang (2000) ด้วยเครื่องวัดสี จากนั้นนำค่า L^* , a^* , b^* ที่วัดได้ไปคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวม (The Total Color Difference: ΔE) ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta E = [(L^*-L_0^*)^2 + (a^*-a_0^*)^2 + (b^*-b_0^*)^2]^{0.5}$$

- เมื่อ ΔE = ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวม
 L^* = ค่าความสว่างของตัวอย่างหมากหลังจากทำแห้งที่เวลาต่างๆ
 L_0^* = ค่าความสว่างของตัวอย่างหมากก่อนการทำแห้ง (เวลาที่ 0)
 a^* = ค่าความเป็นสีแดงของตัวอย่างหมากหลังจากทำแห้งที่เวลาต่างๆ
 a_0^* = ค่าความเป็นสีแดงของตัวอย่างหมากก่อนการทำแห้ง (เวลาที่ 0)
 b^* = ค่าความเป็นสีเหลืองของตัวอย่างหมากหลังจากทำแห้งที่เวลาต่างๆ
 b_0^* = ค่าความเป็นสีเหลืองของตัวอย่างหมากก่อนการทำแห้ง (เวลาที่ 0)



รูปที่ 1ก เครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR300

2ก. วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 1990)

นำ aluminum can มาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำมาใส่โถดูดความชื้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นชั่งตัวอย่างหมากใส่ใน aluminum can ประมาณ 2-5 กรัม นำมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่โถดูดความชื้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก นำตัวอย่างไปอบซ้ำอีกครั้งเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ คำนวณหาร้อยละของปริมาณความชื้นดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละของปริมาณความชื้น} = \frac{(W2 - W3) \times 100}{(W2 - W1)}$$

เมื่อ $W1$ = น้ำหนักของ aluminum can (กรัม)
 $W2$ = น้ำหนักของ aluminum can และตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
 $W3$ = น้ำหนักของ aluminum can และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

3ก. การเตรียมสารสกัดจากเนื้อหมากสด (ดัดแปลงจาก *Wetwitayaklung et al., 2006* and *Shamina et al., 2007*)

นำตัวอย่างหมากสด หมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยไมโครเวฟและหมากแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยการตากแดดจากข้อ 3.5.1, 3.5.2 และ 3.5.4 ตามลำดับ มาบดหยาบจำนวน 1 กรัม สกัดด้วยสารละลายเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร นำมาเขย่าด้วยเครื่อง Shaker ความเร็ว 100 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองแยกกากหมากด้วย Bruchner funnel ผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 บรรจุสารสกัดใส่ขวดสีชาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ซึ่งสารสกัดที่ได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและปริมาณสารแทนนิน

3.1ก. วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (*Burns et al., 2000*)

การทำกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิลิตร ทำการเจือจางและปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร เติมสาร Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิมตัว ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร และสารละลายเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 25 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นแรงเหวี่ยงสูงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เทของเหลวใส่ที่อยู่ที่อุณหภูมิห้องของตะกอนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องยูวี-สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปทำกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

การหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อหมากปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติมสาร Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิมตัวปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร และสารละลายเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 25 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นแรงเหวี่ยงสูงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็น

เวลา 10 นาที เทของเหลวใส่ที่อยู่ชั้นบนของตะกอนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องยูวี-สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

คำนวณหาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเป็น Gallic Acid Equivalent (GAE) โดยนำค่าการดูดกลืนแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

3.2ก. วิเคราะห์หาปริมาณแทนนิน (AOAC, 2000)

การทำกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกที่ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ไมโครกรัม ต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสาร Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัวปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร ด้วย สารละลายเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องยูวี-สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปทำกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก

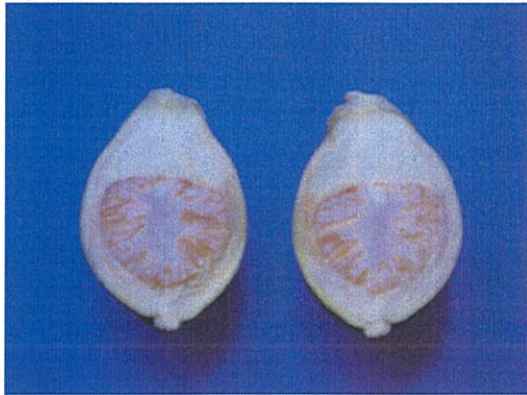
การหาปริมาณสารแทนนิน

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อหามากปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสาร Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัวปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร ด้วย สารละลายเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องยูวี-สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

คำนวณหาปริมาณสารแทนนินโดยนำค่าการดูดกลืนแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก

ภาคผนวก ข

รูปเครื่องมือ การเตรียมหมาก และขั้นตอนการทำแห้งหมาก



รูปที่ 1ข ลักษณะของหมากที่ผ่าตรงกลางผลตามแนวยาว



รูปที่ 2ข เครื่องอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ ยี่ห้อ CHINO รุ่น IR-TA



รูปที่ 3ข ลักษณะของหมากที่ผ่านการตัดตรงส่วนหัวผล



รูปที่ 4ข ลักษณะของเนื้อหมากหลังจากแกะออกจากเปลือก



รูปที่ 5ข การหั่นเป็นแผ่นบางขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร หรือ 1/8 นิ้ว



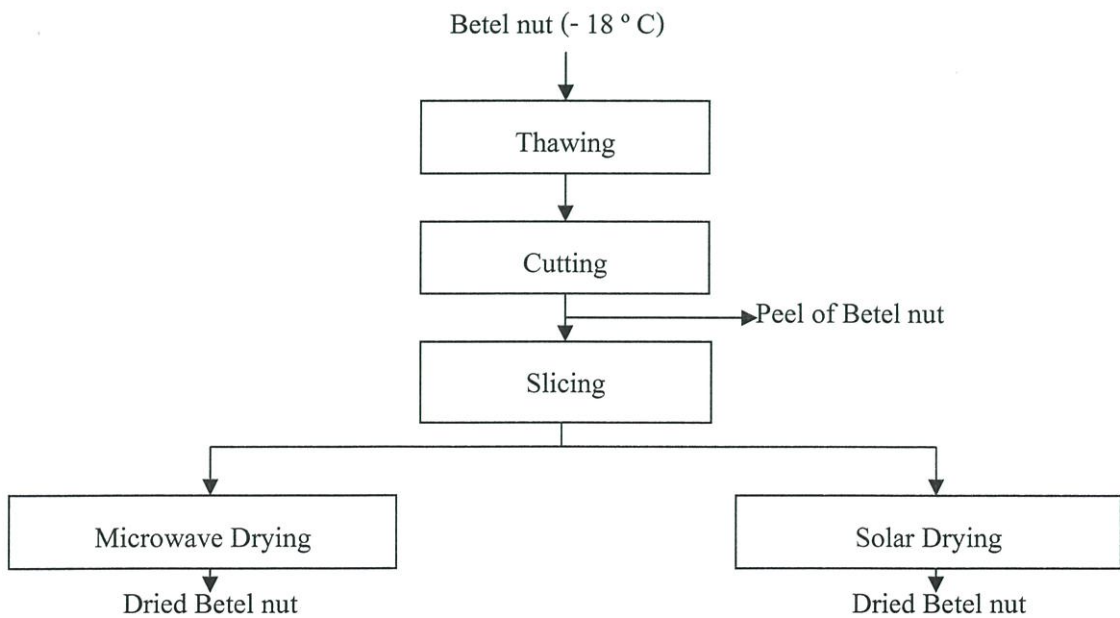
รูปที่ 6ข เครื่องไมโครเวฟ ยี่ห้อ TOSHIBA รุ่น ER-A7C



รูปที่ 7 ข หมากรแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด



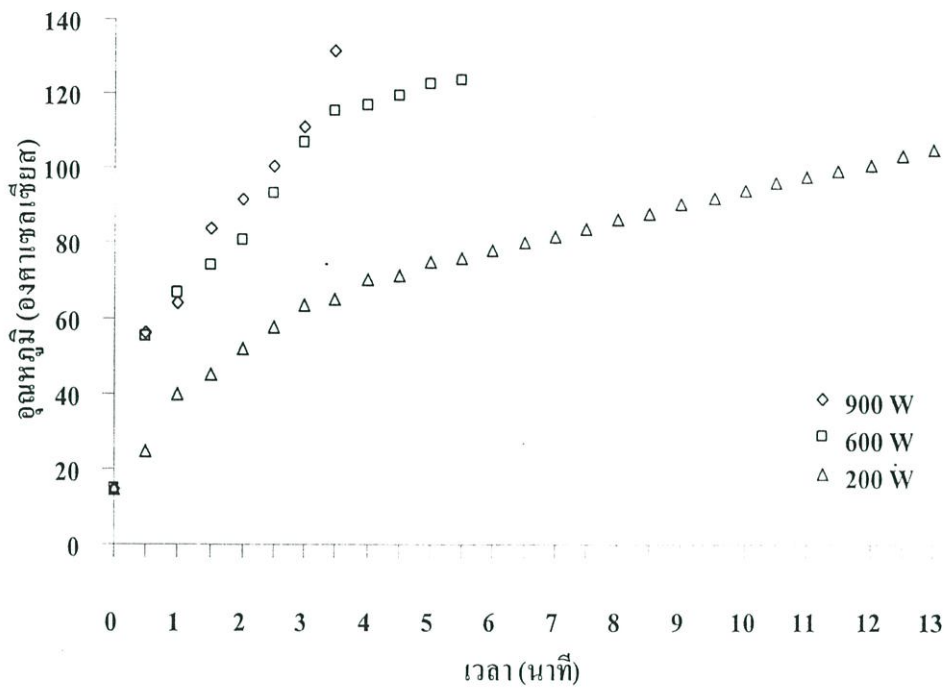
รูปที่ 8 ข ลักษณะการเรียงหมากรบนกระดังทำแห้งด้วยการตากแดด



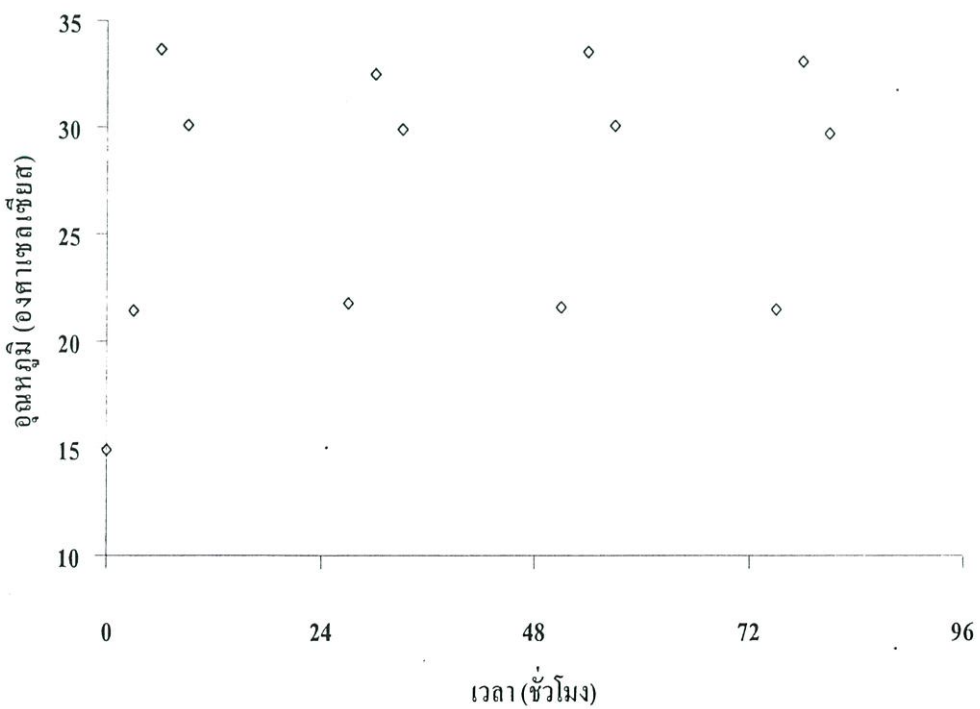
รูปที่ 9 ข ขั้นตอนการทำแห้งหมากร

ภาคผนวก ค

กราฟอนุภูมิภาคการทำเหมืองด้วยไมโครเวฟและการตากแดด



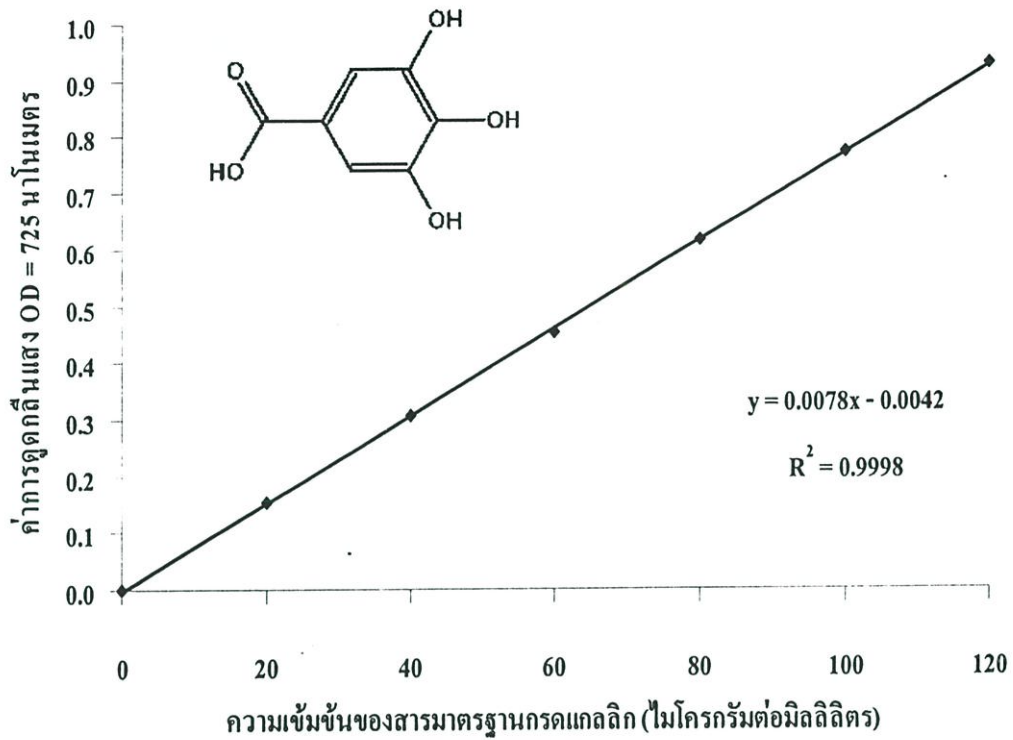
รูปที่ 1ค กราฟอุณหภูมิของการทำแห้งหมากด้วยไมโครเวฟ



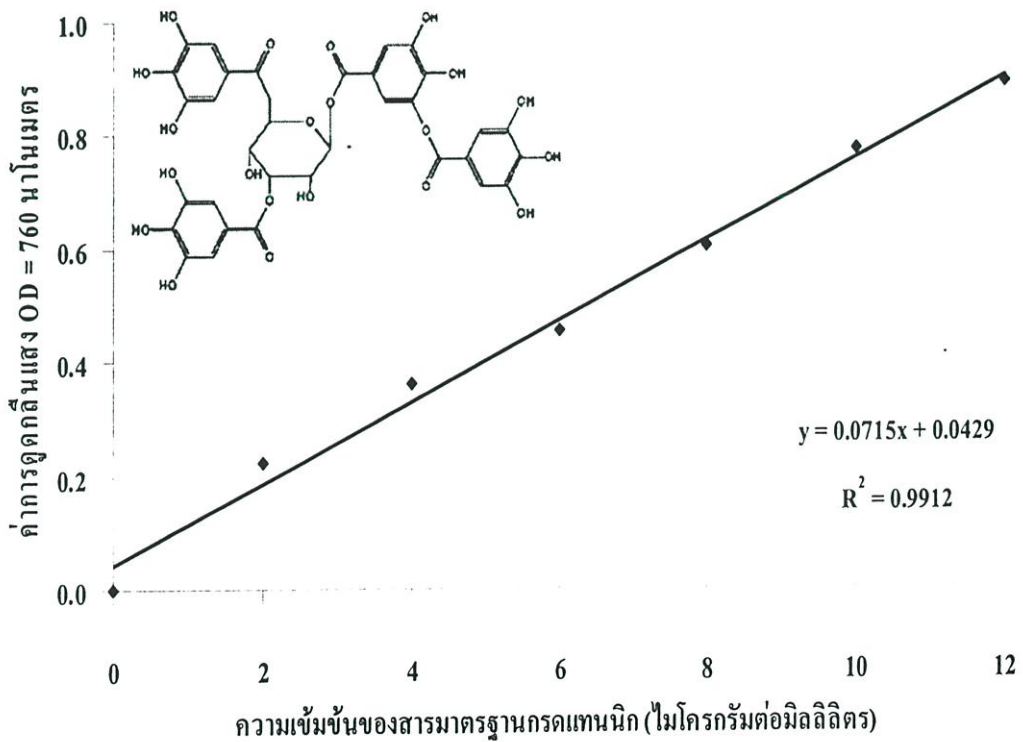
รูปที่ 2ค กราฟอุณหภูมิของการทำแห้งหมากด้วยการตากแดด

ภาคผนวก ง

กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิกและกรดแทนนิก



รูปที่ 1ง กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิก



รูปที่ 2ง กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแทนนิก

ภาคผนวก จ

ตารางปริมาณความชื้น ธี (L^* , a^* , b^*)

ปริมาณโพธิ์ฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแทนนิน

ในหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกำลังไฟต่างๆ

และหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด

ตารางที่ 1จ ปริมาณความชื้น สี (L*, a*, b*) ปริมาณโพลียีนอลทั้งหมดและปริมาณแทนนินในหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกำลังไฟต่างๆ

กำลังไฟ วัตต์	เวลา นาที	สี						ความชื้นก่อนทำแห้ง	ความชื้นหลังทำแห้ง	โพลียีนอลทั้งหมด	แทนนิน
		ก่อนทำแห้ง			หลังทำแห้ง			กรัมน้ำต่อกรัม	กรัมน้ำต่อกรัม	มิลลิกรัมต่อกรัม	มิลลิกรัมต่อกรัม
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง
900	0.50	61.66	4.78	15.54	58.44	7.69	18.40	3.14±0.22	1.97±0.04	52.46±0.85	3.97±0.10
	1.00	62.65	4.90	15.97	56.15	8.64	16.84	3.59±0.58	1.33±0.14	54.16±1.57	4.16±0.05
	1.50	63.17	4.57	14.53	52.61	11.20	10.27	3.79±0.83	0.81±0.14	57.13±3.07	4.22±0.09
	2.00	60.66	8.76	19.26	43.51	11.81	5.03	3.99±0.45	0.58±0.10	61.31±1.52	4.57±0.19
	2.50	60.58	9.54	19.87	41.69	11.05	4.73	3.28±0.54	0.31±0.04	62.74±0.44	4.71±0.13
	3.00	60.64	9.39	20.19	40.03	12.66	7.36	3.48±0.20	0.20±0.04	64.37±0.72	5.18±0.09
	3.50	61.03	9.62	21.62	40.58	12.40	7.17	3.35±0.15	0.10±0.01	68.24±3.21	5.26±0.18
600	0.50	61.72	4.71	15.88	59.38	6.85	18.68	2.90±0.05	2.05±0.14	51.85±0.24	3.98±0.04
	1.00	60.87	9.48	22.91	56.45	12.23	21.39	2.97±0.06	1.51±0.12	52.53±0.60	4.14±0.06
	1.50	60.81	8.62	22.37	55.33	12.73	18.75	3.51±0.54	1.11±0.18	53.57±1.23	4.12±0.08
	2.00	60.63	9.31	22.07	51.49	13.96	17.75	3.22±0.29	0.71±0.06	53.84±3.14	4.15±0.11

หมายเหตุ- ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 1จ (ต่อ)

กำลังไฟ วัตต์	เวลา นาที	สี						ความชื้นก่อนทำแห้ง	ความชื้นหลังทำแห้ง	โพลียีนอลทั้งหมด	แทนนิน
		ก่อนทำแห้ง			หลังทำแห้ง			กรัมน้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	กรัมน้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง
		L*	a*	b*	L*	a*	b*				
600	2.50	60.60	9.28	21.50	48.50	12.89	12.33	3.55±0.54	0.57±0.09	55.62±0.62	4.23±0.10
	3.00	62.14	5.20	14.75	46.78	11.56	12.94	3.46±1.00	0.37±0.11	59.12±3.05	4.19±0.09
	3.50	62.76	6.83	17.41	46.63	11.47	11.47	3.36±0.56	0.24±0.01	60.48±3.25	4.26±0.20
	4.00	61.20	4.63	15.91	44.32	11.31	8.11	3.15±0.31	0.22±0.01	62.84±1.41	4.95±0.18
	4.50	61.09	4.37	14.75	43.27	10.28	5.59	3.41±0.15	0.16±0.02	63.48±0.94	5.08±0.15
	5.00	61.61	8.76	21.52	45.73	12.41	8.24	3.01±0.20	0.12±0.01	64.55±0.48	5.12±0.09
	5.50	61.48	8.79	21.31	45.02	11.47	7.67	3.13±0.19	0.10±0.00	66.7±2.25	5.26±0.04
200	0.50	61.16	3.42	12.39	60.76	4.13	12.98	3.20±0.41	2.94±0.42	51.80±1.30	3.97±0.04
	1.00	61.46	4.32	12.73	61.26	5.59	15.23	3.18±0.35	2.81±0.37	54.21±2.89	4.08±0.04
	1.50	62.56	3.81	13.40	60.83	5.84	16.77	3.17±0.36	2.61±0.34	54.01±1.72	4.16±0.14
	2.00	63.06	4.52	13.19	59.46	6.58	17.02	3.03±0.25	2.26±0.21	54.46±1.32	4.21±0.14

หมายเหตุ - ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 1จ (ต่อ)

กำลังไฟ วัตต์	เวลา นาที	สี						ความชื้นก่อนทำแห้ง	ความชื้นหลังทำแห้ง	โพลียีนอลทั้งหมด	แทนนิน
		ก่อนทำแห้ง			หลังทำแห้ง			กรัมน้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	กรัมน้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง
		L*	a*	b*	L*	a*	b*				
200	2.50	62.61	5.62	14.41	58.78	8.30	17.58	2.51±0.87	1.72±0.63	56.46±0.71	4.17±0.06
	3.00	62.44	6.06	14.13	57.41	8.47	16.85	2.57±0.86	1.64±0.61	56.68±1.75	4.10±0.14
	3.50	62.58	5.24	12.94	56.61	8.18	15.13	2.69±0.81	1.55±0.53	57.96±0.68	4.22±0.07
	4.00	62.14	5.54	13.14	54.97	8.90	15.10	2.69±0.82	1.36±0.45	57.59±0.54	4.21±0.08
	4.50	62.95	4.76	14.19	56.05	7.93	16.16	2.73±0.83	1.26±0.46	58.18±1.58	4.29±0.06
	5.00	63.00	4.06	15.72	54.75	7.97	16.36	2.98±1.27	1.14±0.53	58.42±1.17	4.34±0.06
	5.50	62.69	4.83	16.03	54.63	8.57	16.53	3.42±1.62	1.10±0.50	59.96±1.55	4.32±0.07
	6.00	61.86	10.28	21.31	53.11	15.72	20.41	3.07±1.13	0.86±0.32	61.06±0.77	4.23±0.20
	6.50	61.70	9.94	20.02	52.89	15.54	18.61	3.07±1.30	0.79±0.30	62.24±1.75	4.28±0.11
	7.00	61.22	9.94	19.73	52.12	14.81	18.39	3.28±2.12	0.65±0.32	62.13±0.99	4.23±0.09
	7.50	63.18	4.05	15.57	52.90	9.25	16.50	3.35±2.19	0.60±0.31	63.43±0.93	4.43±0.17

หมายเหตุ - ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 1จ (ต่อ)

กำลังไฟ วัตต์	เวลา นาที	สี						ความชื้นก่อนทำแห้ง	ความชื้นหลังทำแห้ง	โพลีฟีนอลทั้งหมด	แทนนิน
		ก่อนทำแห้ง			หลังทำแห้ง			กรัมน้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	กรัมน้ำต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง	มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง
		L*	a*	b*	L*	a*	b*				
200	8.00	62.52	10.05	19.75	51.88	14.23	18.05	3.05±1.36	0.51±0.24	63.64±0.60	4.41±0.17
	8.50	61.99	9.30	19.56	51.23	15.10	19.30	2.80±0.98	0.39±0.13	63.51±1.00	4.41±0.09
	9.00	63.22	3.92	15.08	51.73	9.44	16.08	2.80±1.10	0.33±0.14	63.74±0.86	4.42±0.12
	9.50	63.05	9.25	19.58	51.18	13.39	15.49	2.75±1.08	0.28±0.10	64.18±0.64	4.40±0.05
	10.00	62.89	9.05	19.52	50.52	14.06	14.04	2.75±1.08	0.26±0.11	64.86±0.78	4.49±0.09
	10.50	61.61	10.00	21.37	48.37	14.35	16.52	2.70±0.89	0.22±0.08	65.22±0.98	4.49±0.21
	11.00	61.03	12.09	23.88	50.34	15.04	13.72	2.12±0.48	0.18±0.04	65.55±0.83	4.65±0.13
	11.50	62.14	11.10	21.27	49.41	15.24	14.84	2.14±0.57	10.15±0.04	65.71±0.86	4.77±0.19
	12.00	60.74	12.43	24.42	50.30	16.88	14.25	2.21±0.45	0.14±0.04	65.91±1.03	4.90±0.11
	12.50	60.88	10.51	21.34	48.56	15.74	13.89	2.18±0.67	0.12±0.02	66.00±1.18	4.96±0.05
	13.00	61.93	11.33	22.69	49.64	15.06	14.39	2.15±0.47	0.10±0.01	66.23±1.21	5.08±0.08

หมายเหตุ - ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 2จ ปริมาณความชื้น สี (L*, a*, b*) ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและแทนนินในหมากแห้งที่ผ่านการทำแห้งด้วยการตากแดด

ช่วงเวลา เก็บตัวอย่าง นาฬิกา	วันที่	สี						ความชื้นก่อนทำแห้ง	ความชื้นหลังทำแห้ง	โพลีฟีนอลทั้งหมด	แทนนิน
		ก่อนทำแห้ง			หลังทำแห้ง			กรัมน้ำต่อกรัม	กรัมน้ำต่อกรัม	มิลลิกรัมต่อกรัม	มิลลิกรัมต่อกรัม
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง
9.00	1	61.00	10.02	23.66	52.94	15.67	24.20	1.95+0.16	0.97+0.10	44.56+0.79	1.30±0.02
	2	61.58	8.19	23.05	47.21	15.24	18.10	2.00+0.05	0.30+0.02	40.07+0.16	1.14±0.02
	3	61.39	8.43	21.60	42.47	16.15	13.85	2.37+0.11	0.13+0.00	37.16+0.48	1.05±0.01
	4	61.56	6.47	20.18	40.00	15.45	10.55	2.58+0.07	0.11+0.01	34.29+0.11	0.99+0.01
12.00	1	61.66	8.93	22.69	49.09	15.41	21.60	2.18+0.17	0.56+0.02	43.05+0.27	1.32+0.01
	2	61.50	8.79	23.01	45.96	15.39	17.21	2.21+0.10	0.16+0.01	38.99+0.75	1.21+0.01
	3	61.75	7.20	20.74	42.61	14.28	12.59	2.40+0.16	0.10+0.00	35.05+0.16	1.14+0.02
	4	61.66	6.59	19.62	38.09	15.37	11.23	2.35+0.18	0.11+0.00	32.51+0.18	0.95+0.01
15.00	1	61.40	8.26	23.84	48.04	15.73	21.07	2.20+0.23	0.58+0.05	40.94+0.27	1.27+0.01
	2	61.40	8.06	22.22	43.52	14.82	12.34	2.46+0.10	0.12+0.01	37.61+0.21	1.22+0.01
	3	61.61	6.52	21.57	40.79	13.92	10.19	2.44+0.23	0.09+0.01	34.17+0.22	1.00+0.01
	4	61.71	6.73	21.66	39.38	15.88	10.29	2.29+0.30	0.09+0.00	31.43+0.30	0.94+0.02

หมายเหตุ - ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ประวัติผู้เขียน

นางสาวเบญจนุช ชนะทอง เกิดเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดยะลา สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนวรรณาริเฉลิม จังหวัดสงขลา และระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยสยาม เมื่อปี พ.ศ. 2546 และศึกษาต่อระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2551