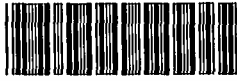


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของการอบแห้งโดยตู้อบสูญญากาศต่อคุณภาพของมะพร้าวแช่อิ่ม

Effect of Dehydration by Vacuum Oven on Quality of Candy Coconut



T096492

นายรัช ไทสาขมาศ
นายสุรศักดิ์ แสงงาม

รพ.
ช 391๗
25A1
00-1

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วันเดือนปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดมหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2541



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของการอบแห้งโดยตู้อบสูญญากาศต่อคุณภาพของมะพร้าวแฉิม

Effect of Dehydration by Vacuum Oven on Quality of Candy Coconut

โดย

นายรัช ไพศาลมาศ
นายสุรศักดิ์ แสงงาม


ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก


..... 23/1/2541

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

()

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร


.....

(ผู้ฝึกสอน รับผิดชอบ)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

15514

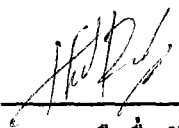
- 7 P.A. 2541 วันที่ 23 เดือน 1/1 พ.ศ. 41

ร.พ.
จ 391๗
254๑
ค-๕

รวิษ ไทศามาศ และ สุรศักดิ์ แสงงาม : 2541. ผลของการอบแห้งโดยตู้อบสูญญากาศต่อคุณภาพของมะพร้าวแช่แข็ง (Effect of Dehydration by Vacuum Oven on Quality of Candy Coconut) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ

การศึกษาผลของการอบแห้งโดยระบบสูญญากาศต่อคุณภาพของมะพร้าวแช่แข็ง ผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งมะพร้าวแช่แข็ง โดยใช้ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ (Vacuum Oven) คือ ใช้อุณหภูมิในการอบ 55 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 3 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์มะพร้าวแช่แข็งอบแห้งที่มีความชื้นประมาณ 13 % มีสีขาว เนื้อสัมผัสนุ่มไม่แข็งจนเกินไป การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศบรรจุแบบสูญญากาศ (Vacuum Packaging) โดยใช้ถุงพลาสติกชนิด PP (Polypropylene) สามารถเก็บรักษาคุณภาพได้นานที่สุด (นานกว่า 1 เดือน) และการบรรจุโดยใช้ถุงพลาสติกชนิด PE (Polyethylene) แบบหนา สามารถเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการบรรจุถุงพลาสติกชนิด PE (Polypropylene) แบบบาง เมื่อวิเคราะห์ค่า TBA พบว่า สอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส และค่า TBA แสดงถึงความแตกต่างของแต่ละการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05


ลายมือชื่อนักศึกษา

รายชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

23 มี.ค. 41

วันเดือนปี

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงเป็นรูปเล่มโดยสมบูรณ์ได้ โดยได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร.ระติพร หาเรื่อนกิจ กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษตลอดจนให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในระหว่างปฏิบัติการ จึงขอขอบพระคุณมา ณ. ที่นี้ด้วย สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณแม่ที่คอยให้กำลังใจและเอาใจใส่ และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

นาย รัช โปศามาศ

นาย สุรศักดิ์ แสงงาม

มีนาคม 2541



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญภาคผนวก	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	3
3. วัตถุประสงค์ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	22
4. ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง	26
5. สรุปผลการทดลอง	38
เอกสารอ้างอิง	39



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของมะพร้าว	4
2.2 ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่ใช้ในการเตรียมน้ำเชื่อมความเข้มข้นต่างๆ สำหรับกระบวนการแช่แข็ง	7
2.3 ความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละประเภทในช่วง Water activity (a_w) ต่างๆ	10
4.1.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลง %ความชื้น (%Moisture Content) ของมะพร้าวแช่แข็ง เมื่ออบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด และตู้อบลมร้อนสุญญากาศ	26
4.1.2 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราการอบแห้ง (%Reduction Moisture Content) ของมะพร้าวแช่แข็ง ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยตู้อบลมร้อนแบบถาดและตู้อบลมร้อนสุญญากาศ	26
4.1.3 แสดงผลเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง %ความชื้น (%Moisture Content) ของมะพร้าวแช่แข็ง เมื่ออบที่อุณหภูมิต่างๆ (องศาเซลเซียส) โดยใช้ตู้อบลมร้อนสุญญากาศ	28
4.1.4 แสดงผลเปรียบเทียบอัตราการอบแห้ง (%Reduction Moisture Content) ของมะพร้าวแช่แข็ง เมื่ออบที่อุณหภูมิต่างๆ (องศาเซลเซียส) โดยใช้ตู้อบลมร้อนสุญญากาศ	28
4.1.5 แสดงลักษณะทางกายภาพของมะพร้าวแช่แข็งอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ภายใต้สภาวะสุญญากาศ	33
4.1.6 แสดงผลของ % ความชื้น ที่มีต่อมะพร้าวแช่แข็งอบแห้ง โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส	34
4.2.1 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นหืนของมะพร้าวแช่แข็งอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 1 เดือน	35
4.2.2 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบโดยรวมของมะพร้าวแช่แข็งอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 1 เดือน	36
4.2.3 แสดงผลการทดสอบทางเคมี (ค่า TBA) ของมะพร้าวแช่แข็งอบแห้ง โดยตู้อบลมร้อนแบบถาดและตู้อบลมร้อนสุญญากาศ ที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ 0, 4 สัปดาห์	37

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การไหลออกของน้ำแบบกระจายตัวซึมผ่าน	12
2.2 การไหลออกของน้ำแบบท่อเล็ก	12
2.3 กราฟแสดงความชื้นที่เปลี่ยนไปเทียบกับเวลา	14
2.4 กราฟแสดงอัตราการอบแห้ง	14
2.5 แสดงการกระจายตัวของความชื้นในช่วงต่างๆ	
ก. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้น	15
ข. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่	15
ค. ระยะแรกของช่วงอัตราการอบแห้งลดลง	15
ง. ระยะหลังของช่วงอัตราการอบแห้งลดลง	16
4.1 แสดงการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลง %ความชื้น (%Moisture Content) ของมะพร้าวแช่อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด และตู้อบลมร้อนสูญญากาศ	29
4.2 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการอบแห้ง (%Reduction Moisture Content) ของมะพร้าวแช่อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด และตู้อบลมร้อนสูญญากาศ	30
4.3 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง%ความชื้น(%Moisture Content) ของมะพร้าวแช่อบที่อุณหภูมิต่างๆ (องศาเซลเซียส) โดยใช้ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ	31
4.4 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการอบแห้ง (%Reduction Moisture Content) ของมะพร้าวแช่อบที่อุณหภูมิต่างๆ (องศาเซลเซียส) โดยใช้ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ	32

สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวก	หน้า
ภาคผนวก ก.	40
ภาคผนวก ข.	41
ภาคผนวก ค.	42
ภาคผนวก ง.	43
ภาคผนวก จ.	57



บทที่ 1

บทนำ

การแช่แข็งเป็นวิธีการถนอมอาหารอีกวิธีหนึ่ง ที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาผักผลไม้ ให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น รวมทั้งเป็นการทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ด้วย หลักของการแช่แข็งคือ เป็นการเพิ่มปริมาณน้ำตาลในวัตถุดิบ และในขณะที่เดียวกันจะลดปริมาณน้ำในผักผลไม้ลง จนมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงพอที่จะทำให้เกิดแรงดันออสโมติก ทำให้สามารถเก็บรักษาผักผลไม้ นั้นจากการเสื่อมเสียโดยจุลินทรีย์ โดยทั่วไปนิยมเพิ่มปริมาณน้ำตาลให้มีความเข้มข้นไม่ต่ำกว่า 70 องศาบริกซ์ หลังการแช่แข็งนิยมนำผลิตภัณฑ์มาทำแห้ง จะได้ผลิตภัณฑ์แช่แข็งอบแห้ง

การทำให้อาหารแห้งนั้นเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่งซึ่งสามารถทำได้ง่าย โดยอาศัยหลักการที่ว่าปริมาณน้ำที่มีในอาหารสูง จะทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่ายเนื่องจากจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะ จะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บได้นานขึ้น การทำอาหารแห้งมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะประเทศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) สูงอย่างประเทศไทย นับว่ามีความสำคัญยิ่ง เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีวัตถุดิบอยู่มาก การทำแห้งจะช่วยแก้ปัญหาวัตถุดิบเน่าเสีย หรือสุกจนกินไม่ได้ เกษตรกรสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน โดยไม่สูญเสียคุณภาพและคุณค่าทางอาหาร และยังมีรายได้สำหรับผลิตภัณฑ์นั้นๆ เพิ่มขึ้นอีกด้วย

การทำแห้งผลิตภัณฑ์นั้นสามารถทำได้หลายวิธีโดยในอดีตนิยมการทำแห้งตามธรรมชาติคือการตากแดด แต่วิธีนี้มักมีปัญหาในเรื่องความสะอาดและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันมีการนำเครื่องจักรมาใช้ในกระบวนการทำแห้ง เพราะสามารถควบคุมสภาวะต่างๆ ได้ดีกว่า โดยทั่วไปเครื่องมือที่นิยมใช้ในการทำแห้งผักผลไม้คือ เครื่องอบแบบถาด , เครื่องอบแบบอุโมงค์ , เครื่องอบแบบสายพาน และเครื่องอบในสภาวะแบบสูญญากาศ ในการทดลองใช้เครื่องอบในสภาวะสูญญากาศ เพราะเครื่องอบนี้ จะมีการลดความดันบรรยากาศภายในระบบให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศภายนอก น้ำในอาหารจึงสามารถระเหยได้มากกว่าที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งเหมาะที่จะนำไปใช้กับอาหารที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูง เช่น อาหารที่มีไขมันสูง ใช้อุณหภูมิต่ำในการอบแห้ง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืนช้าลง หรือป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning) ในผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลสูง ในการทดลองนี้วัตถุดิบที่ใช้คือ มะพร้าว ในการทำมะพร้าวแช่แข็งอบแห้ง สามารถทำได้ง่าย ค่าใช้จ่ายไม่สูงจนเกินไป และเป็นที่นิยมรับประทานสำหรับผู้บริโภคทั่วไปด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำมะพร้าวแช่อบแห้ง โดยใช้ตู้อบลมร้อน
สูญญากาศ
2. เพื่อศึกษาหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบโดยใช้ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ
เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด และเปรียบเทียบอายุการเก็บใน
ภาชนะแบบต่างๆ



บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในตะกูลปาล์ม มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Cocosnucifera* Lin เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีมากในประเทศไทย มะพร้าวหนึ่งต้นสามารถนำไปใช้ทำประโยชน์ได้ทุกส่วน เช่น รากใช้เป็นยาสมุนไพร ลำต้นใช้ทำเสาสะพาน ทางมะพร้าวใช้เป็นเชื้อเพลิง มุงหลังคา ก้านใช้ทำไม้กวาด ผลมะพร้าวใช้ประกอบอาหาร และยังใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ ด้วย เช่น อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว กะทิสำเร็จรูป อุตสาหกรรมสบู่ และนมข้นหวาน เป็นต้น

มะพร้าวมีระบบรากแบบ Adventitious root ซึ่งเป็นรากที่เกิดตามข้อราก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร มีความยาว 5-20 เมตร ลำต้นของมะพร้าวจะไม่มีเยื่อเจริญด้านข้าง (Cambium) เนื่องจากเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ขนาดของลำต้นเมื่อโตเต็มที่แล้วมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25-30 เซนติเมตร มะพร้าวมีตาขอดเพียงตาเดียว ฉะนั้นจึงเจริญทางส่วนสูงเท่านั้น หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมจะทำให้ขนาดลำต้นมีขนาดเล็กกว่าปกติ เรียกว่า มะพร้าวคอเรียว มะพร้าวมักจะสูงในระยะแรกปลูก ซึ่งจะสูงขึ้นไปละ 23 เซนติเมตร แต่ในปีแรกจะสูงถึง 29 เซนติเมตร เนื่องจากมะพร้าวเป็นพืชพวก Monoceous จึงมีดอกตัวผู้และตัวเมียแยกกันอยู่คนละดอกในข้อเดียวกัน สำหรับผลมะพร้าวเป็นแบบ Fibrous drupe เรียกว่า Nut ประกอบด้วย

1. เปลือกนอกสุด (Exocarp) ประกอบด้วยเส้นใยที่เหนียวและแข็งแรง ในระยะแรกจะเป็นสีเขียว และสีจะเปลี่ยนไปตามอายุของผล เมื่อแก่จัดเปลือกจะเป็นสีน้ำตาล

2. เปลือกชั้นกลาง (Mesocarp) จะอยู่ถัดจากเปลือกนอกเข้าไป ผลอ่อนจะมีลักษณะอ่อนนุ่ม เมื่อผลแก่จะกลายเป็นเส้นใย มีความหนาแน่นกว่า 5 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับพันธุ์และอายุของมะพร้าว

3. ชั้นในสุด (Endocarp) อยู่ถัดจากเปลือกชั้นกลางเข้าไป เป็นเปลือกที่มีลักษณะแข็ง เรียกว่า กะลา ถ้าผ่าผลมะพร้าวตามขวางจะเห็นมะพร้าวเป็นรูปสามเหลี่ยม ด้านนอกเป็นสันนูนขึ้นมา 3 สัน ที่หัวผลมีตา 3 ตา โดยทั่วไปจะมีตาแข็ง 2 ตา ตานิม 1 ตา ตานิมจะอยู่ตรงส่วนของกะลาที่มีมุมกว้างที่สุด ซึ่งตานิมจะงอกออกมาเป็นหน่อ ภายในกะลาประกอบด้วย

3.1 เนื้อมะพร้าว (Coconut meat) เป็นเนื้อหนาสีขาว เมื่อผลอ่อน เนื้อมะพร้าวจะอ่อนนุ่ม แต่จะมีลักษณะแข็งและความหนาเพิ่มขึ้นตามอายุของผล ความหนาโดยเฉลี่ยเมื่อผลแก่จัดประมาณ 12 มิลลิเมตร

3.2 ผิวสีน้ำตาลเข้มที่ติดแน่นกับตัวมะพร้าว เรียกว่า Testa หรือ Seed coat หรือ Brown cuticle เป็นผิวสีน้ำตาลเข้มที่อยู่ระหว่างกะลา กับเนื้อมะพร้าว เมื่อนำมะพร้าวไปใช้ประโยชน์บางอย่างจะต้องเอาผิวสีน้ำตาลเข้มออก ซึ่งสามารถนำไปตากให้แห้งแล้วนำไปหีบน้ำมันได้

3.3 น้ำมะพร้าว (Coconut water) เป็นของเหลวใสอยู่ภายในช่องว่างของผลมะพร้าว เมื่อผลอ่อนจะมีน้ำมะพร้าวเต็ม น้ำมะพร้าวประกอบด้วยกลูโคส 5-6 % มีซูโครสเล็กน้อย เมื่อผลแก่กลูโคสจะลดลง ซูโครสจะเพิ่มขึ้น และน้ำมะพร้าวจะค่อซๆ แห้งไป เหลือประมาณครึ่งหนึ่ง ซึ่งจะถูกลูกขี้หมดภายใน 5 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยว (วิชชดา, 2531)

องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าว

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมะพร้าวที่สำคัญคือ กลีเซอไรด์ (glycerides) ของ Low fatty acid ซึ่งมีมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Lauric acid ($\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$) มี 44-51 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้มีพวก Sterol และ Tocopherol ด้วย สารที่ทำให้เป็นกลิ่นพวก Natural volatiles component ซึ่งมีสารให้กลิ่นในมะพร้าว 15 ชนิดที่สำคัญคือ $-\text{C}_8$ lactone, $-\text{C}_{10}$ lactone, n-octanol และยังมีกลิ่นของไขมันชนิดอื่นๆ ด้วย องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวผลหนึ่งๆ แสดงในตารางที่ 2.1 โดยปกติองค์ประกอบทางเคมีจะแปรไปตาม ชนิดของพันธุ์, พื้นที่ๆ ปลูก, ความแก่อ่อนของผลมะพร้าว, วิธีการเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยว (วิชชดา, 2531)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของมะพร้าว

องค์ประกอบ	ช่วงเปอร์เซ็นต์
น้ำ	48-50
โปรตีน	12-15
ไขมัน	35-37
คาร์โบไฮเดรต	8-10
เส้นใย	2.1
เถ้า	1.21

ที่มา : วิชชดา (2531)

พันธุ์ของมะพร้าว

พันธุ์ที่ใช้ปลูก ชาวสวนจะทราบความแตกต่างของมะพร้าว โดยดูจากรูปร่างลักษณะของผลมะพร้าวมากกว่าลักษณะของลำต้นและใบ ลักษณะของผลที่ใช้ในการจำแนกคือ สี รูปร่าง และขนาด สีของผลมีตั้งแต่สีเขียวแก่จนถึงสีส้มหรือแดงหรือน้ำตาล รูปร่างของผลจะมีผลกลม สามเหลี่ยม และยาว ขนาดของผลมีตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่มาก พันธุ์มะพร้าวที่นิยมปลูกในประเทศไทย แบ่งได้ 3 พันธุ์ คือ

1. มะพร้าวเบาหรือมะพร้าวค่อม เป็นมะพร้าวที่มีลำต้นเล็ก ทางสั้นและผลคก เมื่อโตเต็มที่สูงไม่เกิน 12 เมตร บางต้นสูงเพียง 1-2 เมตร มีลักษณะสำคัญคือ ให้ผลเร็ว โดยจะเริ่มให้ผลหลังจากปลูกได้ประมาณ 3-4 ปี ผลมีขนาดเล็ก เนื้อบาง นิยมปลูกเป็นไม้ประดับและรับประทานผลอ่อน เพราะขณะผลยังอ่อนเนื้อและน้ำจะมีรสดี ปีหนึ่งจะเก็บผลได้ประมาณ 150 ผล จะให้ผลนานเต็มที่ 30-40 ปี มะพร้าวพันธุ์นี้ได้แก่ มะพร้าวหมูสี มะพร้าวนกคุ้ม และมะพร้าวน้ำหอม มะพร้าวพันธุ์นี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้แปรรูป ในอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าวหรือมะพร้าวอบแห้ง เพราะจะได้ผลผลิตต่ำ

2. มะพร้าวใหญ่ เป็นมะพร้าวที่มีลำต้นใหญ่ ต้นสูงทางยาว เมื่อโตเต็มที่ลำต้นสูงประมาณ 18 เมตร จะเริ่มให้ผลเมื่ออายุ 7-8 ปี จะให้ผลสม่ำเสมอประมาณ 60 ปี ผลมีขนาดใหญ่ และเนื้อหนา นิยมปลูกเพื่อใช้เนื้อจากผลนำไปประกอบอาหาร หรือใช้ทำมะพร้าวแห้ง เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว ปีหนึ่งเก็บผลได้ประมาณ 60 ผล มะพร้าวพันธุ์นี้ได้แก่ มะพร้าวปากจก มะพร้าวกะโหลก มะพร้าวทะเลบัว มะพร้าวพันธุ์นี้จัดเป็นพันธุ์เศรษฐกิจ เพราะจำหน่ายผลแก่เพื่อใช้ประกอบอาหารและใช้ในอุตสาหกรรม

3. มะพร้าวกลาง มีขนาดระหว่างมะพร้าวใหญ่และมะพร้าวเบา เกิดจากการผสมกันตามธรรมชาติระหว่างพันธุ์ใหญ่กับพันธุ์เบา มักจะเรียกว่า หมูสีกลาง เริ่มให้ผลเมื่ออายุ 4 ปี ส่วนใหญ่ให้ผลค่อนข้างดกและทนต่อโรคแมลงได้ดี

จากลักษณะของมะพร้าวทั้ง 3 พันธุ์ จะเห็นว่าสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าวอบแห้ง ควรใช้มะพร้าวพันธุ์ใหญ่ จึงจะเหมาะสมที่สุด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีและผลผลิตสูง ส่วนชื่อของมะพร้าวที่เรียกกันส่วนมาก จะเรียกกันตามท้องถิ่นที่ปลูก ในแต่ละพันธุ์จะมีชื่อเรียกหลายอย่างแต่ในทางการค้าจะซื้อขายกันโดยแบ่งชนิดไปตามแหล่งที่ปลูก เช่น มะพร้าวทับสะแก , มะพร้าวบางช้าง , มะพร้าวสมุย เป็นต้น (วิชชุตา , 2531)

หลักการแช่ส้ม

การแช่ส้มทำโดยการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลในวัตถุดิบ จนความเข้มข้นของน้ำตาลสูงเพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ข้อสำคัญในขบวนการคือ อัตราเร็วของการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลจะต้องเหมาะสม การเพิ่มความเข้มข้นเร็วเกินไป ผักผลไม้จะหืดความมากทำให้เหี่ยวช่นและมีเนื้อสัมผัสเหนียว การเพิ่มความเข้มข้นเร็วเกินไปเนื้อผักผลไม้จะเละ และอาจเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ใช้จะเริ่มจาก 30-45 องศาบริกซ์ ขึ้นกับเนื้อสัมผัสของผลไม้ว่าเหนียวหรือนุ่ม แล้วค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมขึ้นไปจนถึง 70-72 องศาบริกซ์ ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ สำหรับ glace และ candied fruit จะเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมจนถึง 72 องศาบริกซ์ จึงนำไปทำแห้ง

สารให้รสหวานที่ใช้ในกระบวนการแช่ส้ม

สารให้รสหวานที่สำคัญมี 3 ชนิด คือ น้ำตาลทรายหรือซูโครส น้ำตาลอินเวอร์ท์ และน้ำเชื่อมกลูโคส น้ำตาลทรายเป็นสารให้ความหวานที่สำคัญในกระบวนการผลิต ได้จากอ้อยหรือบีต สารละลายของน้ำตาลทรายจะมีจุดอิ่มตัวที่ประมาณความเข้มข้น 68 % ถ้าใช้น้ำตาลทรายเพียงอย่างเดียว จึงไม่สามารถเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ให้สูงกว่า 68 % ซึ่งมีความเข้มข้นของน้ำตาลในระดับนี้ ยังไม่ถึงระดับที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นในกระบวนการจะต้องมีการใช้สารให้รสหวานชนิดอื่นร่วมไปกับการใช้น้ำตาลทราย เพื่อให้สามารถเติมน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นไป โดยที่น้ำตาลไม่ตกผลึกแยกตัวออกมา สารที่นิยมใช้คือน้ำตาลอินเวอร์ท์ และน้ำเชื่อมกลูโคส

น้ำตาลอินเวอร์ท์เป็นของผสมซึ่งได้จาก การนำน้ำตาลทรายมาทำให้แตกตัวด้วยกรดประกอบด้วยกลูโคสและฟรุกโตส นิยมนำมาใช้เตรียมน้ำเชื่อมร่วมกับน้ำตาลทราย เพื่อให้สามารถเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมได้สูงกว่า 68 % โดยไม่เกิดผลึก ปริมาณของน้ำตาลอินเวอร์ท์ที่ใช้จะขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ต้องการเตรียม คือถ้าต้องการเตรียมน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จะต้องใช้น้ำตาลอินเวอร์ท์เพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณของน้ำตาลอินเวอร์ท์ที่นิยมใช้เตรียมน้ำเชื่อมความเข้มข้นต่างๆ สำหรับกระบวนการแช่ส้ม แสดงในตาราง 3.3

ตารางที่ 2.2 ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่ใช้ในการเตรียมน้ำเชื่อมความเข้มข้นต่างๆ สำหรับกระบวนการหมัก

ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม (%)	ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ท (%)
65	3-43
68	11-38
70	20-36
72	28-34

ที่มา : กิตติพงษ์ (2541)

นอกจากจะช่วยป้องกันการตกผลึกในน้ำเชื่อมแล้ว น้ำตาลอินเวอร์ทยังช่วยให้เนื้อสัมผัสของผักผลไม้หมักไม่แห้ง เหนียว และแข็งจนเกินไป เนื่องจากฟรุกโตสสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดี และยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานขึ้นเล็กน้อย เพราะฟรุกโตสมีความหวานมากกว่าซูโครส

การใช้ในผลิตภัณฑ์อาจได้จากการเติมลงไปโดยตรง หรือโดยการเติมกรดลงไปในน้ำเชื่อม เพื่อให้เปลี่ยนซูโครสเป็นน้ำตาลอินเวอร์ท กรดที่เติมลงไปจะเรียกชื่อรวมกันว่า doctor ซึ่งอาจใช้กรดได้หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก กรดซิตริก กรดทาร์ทาริก และเกลือของกรดทาร์ทาริก เรียกว่า ครีมออฟทาร์ทาร์ การเติมกรดเพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำตาลนั้น จะได้ผลไม่แน่นอน เหมือนกับการเติมน้ำตาลอินเวอร์ทโดยตรง เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่เกิดขึ้นได้อย่างแน่นอน อัตราการเปลี่ยนซูโครสเป็นน้ำตาลอินเวอร์ท จะขึ้นกับความเป็นกรดค้างและอุณหภูมิ โดยอัตราเร็วจะเพิ่มขึ้นประมาณ 25 % เมื่อความเป็นกรดค้างลดลง 0.1 และอัตราเร็วจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

การป้องกันการตกผลึก อาจทำได้โดยการเติมน้ำตาลซูโครส ปริมาณที่ใช้คือ 35-50 % ของปริมาณซูโครส การใช้น้ำเชื่อมกลูโคส จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความใสมากกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียว และยังช่วยให้ผิวของผลิตภัณฑ์แห้งดีกว่าการใช้น้ำตาลอินเวอร์ท แต่การใช้ในปริมาณมากเกินไปผิวของผลิตภัณฑ์จะเหนียวหนะหนะ (กิตติพงษ์ , 2541)

การเตรียมผักผลไม้

ขั้นตอนแรกของการเตรียมจะเหมือนกับการเตรียมสำหรับกระบวนการอื่น คือ นำมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก ตัดแต่ง แยกส่วนที่บริโภคไม่ได้ออกให้เหลือแต่ส่วนที่บริโภคได้ ระหว่างการปอกเปลือกและตัดแต่งนี้ ควรแช่ผักผลไม้ในสารละลายกรดเจือจาง เพื่อป้องกันปฏิกิริยาสีน้ำตาล จากนั้นจะนำมาผ่านกระบวนการซึ่งช่วยให้ผักผลไม้มีเนื้อแน่นขึ้น

การทำให้ผักผลไม้มีเนื้อแน่นขึ้นนั้น ทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมคือ การใช้สารเคมีพวกเกลือแคลเซียม เช่น แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมโบรไมด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ อีออนของแคลเซียมจะเกิดพันธะกับสารเพคตินในผักผลไม้ เป็นเกลือแคลเซียมเพคเตท ช่วยให้ผักผลไม้มีเนื้อแน่นแข็งแรงขึ้น ปริมาณของสารช่วยให้เนื้อแน่น ที่ใช้กับผักผลไม้จะต่างกันไปตามปริมาณที่เหมาะสมจะหาได้จากการทดลอง เนื่องจากเกลือคนละชนิดจะแตกต่างกัน และมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาที่ความเป็นกรดของผลไม้ต่างกัน นอกจากแคลเซียมแล้ว บางครั้งอาจมีการใช้สารส้มด้วย แต่นิยมใช้น้อยกว่าการใช้เกลือแคลเซียม

ก่อนจะนำผักผลไม้ไปแช่น้ำเชื่อม จะต้องนำผักผลไม้ไปให้ความร้อนเสียก่อน การให้ความร้อนอาจทำได้โดยการลวกน้ำร้อนหรือนึ่งด้วยไอน้ำ การให้ความร้อนนี้จะช่วยให้สีน้ำตาลซึมผ่านเข้าไปในผนังเซลล์ได้ง่าย ช่วยลดเวลาที่ต้องการใช้ในกระบวนการลง และช่วยไม่ให้เกิดการเหี่ยวยุบ การให้ความร้อนยังช่วยให้สแตร์ชในวัตถุดิบเกิดเจลาติโนเซชัน ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใสไม่ขุ่นภายใน

กระบวนการแช่แข็ง

กระบวนการแช่แข็ง อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ตามอัตราเร็วในการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาล คือ การแช่แข็งแบบช้าและการแช่แข็งแบบเร็ว

การแช่แข็งแบบช้า

เป็นกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิห้อง โดยนำผักผลไม้ที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในภาชนะแล้วเติมน้ำเชื่อมลงไปให้ท่วม ถ้าผักผลไม้แน่นลอยขึ้นมา ให้ใช้ตะแกรงหรือวัสดุอื่นกดให้จมน้ำเชื่อมอยู่ตลอดเวลา เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดความสมดุลของน้ำตาลในน้ำเชื่อมและในผลไม้ เมื่อครบกำหนดจึงเทน้ำเชื่อมออก ต้มให้เดือดและเติมน้ำตาลลงไปเพื่อให้เกิดสมดุล ปรับความเข้มข้นให้สูงขึ้นถึงระดับที่ต้องการ ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเทกลับลงไปแช่ผักผลไม้ที่แช่ช้าๆ กันจนได้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมตามกำหนด จะแช่ผักผลไม้ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ เพื่อให้ผักผลไม้มีเนื้อแน่นด้วยน้ำตาล ตามปกติจะเริ่มกระบวนการด้วยน้ำเชื่อมเข้มข้น 34-40 บริกซ์ แล้วค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมขึ้นวันละ 10 บริกซ์ จน

ได้ความเข้มข้นสุดท้าย 70-72 บริกซ์ การเพิ่มน้ำตาลในแต่ละวันนั้น ถ้าเพิ่มวันละ 5 บริกซ์ จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะดีกว่า แต่ต้องใช้ระยะเวลาาน ระหว่างกระบวนการถ้าเกิดขึ้นราหรือเกิดการหมักแอลกอฮอล์ขึ้น จะต้องนำน้ำเชื่อมมาต้มให้เดือดอย่างน้อยเป็นเวลา 5 นาที จึงเทกลับลงไปแช่ใหม่

การแช่ต้มแบบเร็ว

ในการแช่ต้มผักผลไม้บางชนิด อาจใช้ระยะเวลาสั้นๆ โดยใช้ความร้อนช่วยทำให้น้ำตาลซึมเข้าไปในผักผลไม้ได้ดีขึ้น การแช่ต้มแบบเร็วอีกวิธีหนึ่งที่อยู่กันก็คือ การเชื่อม การเชื่อมเป็นการต้มผักผลไม้กับน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นต่ำโดยใช้ไฟอ่อนๆ จากนั้นค่อยๆ เติมน้ำตาลลงไปเพื่อเพิ่มความเข้มข้นน้ำเชื่อม อุณหภูมิที่ใช้จะประมาณจุดเดือดของน้ำเชื่อม วิธีนี้จะใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง สำหรับวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบมาก ในช่วงแรกจะต้องต้มในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นไม่สูงจนเกินไป เพราะถ้าใช้น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นมาก แป้งในผักผลไม้ นั้นจะไม่เกิดเจลลิตในเขชันอย่างสมบูรณ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะขุ่นเนื้อไม่ใส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกเรียกว่า ผักผลไม้เชื่อม เช่น กถวยเชื่อม มะขมเชื่อม แต่ถ้าพิจารณาจากหลักการแล้วจะเห็นว่า กระบวนการนี้เป็นการแช่ต้มแบบเร็ว โดยใช้อุณหภูมิสูง ผักผลไม้เชื่อมมักมีเนื้อนุ่มและมีสีเข้ม เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูง จะทำให้ผักผลไม้อ่อนตัวลง น้ำตาลอาจเกิดปฏิกิริยาการแอมไลเซชัน หรือโปรตีนในผักผลไม้อาจทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิซ เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เอนไซม์ ทำให้มีสีเข้มขึ้น (กิตติพงษ์, 2541)

การอบแห้งทั่วไป

ในอาหารมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ จุลินทรีย์ในอาหารจะเจริญเติบโตและเอนไซม์ (enzyme) ในอาหารจะทำงานได้ดีเมื่อมีน้ำเพียงพอ ดังนั้นวิธีที่จะป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์หรือการทำงานของเอนไซม์ได้ โดยการควบคุมหรือลดความชื้นในอาหารลงจะทำให้เก็บอาหารได้นานขึ้น จึงเป็นวิธีการถนอมอาหารที่ได้ผลดี การลดความชื้นในอาหารทำได้โดย

- 1) ขจัดน้ำออกจากอาหาร หรือการทำให้อาหารแห้งนั่นเอง
- 2) การใช้ตัวถูกละลายบางอย่างใสในอาหาร เพื่อไปรวมกับน้ำในอาหาร ทำให้ความชื้นที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้จริง ๆ ลดลง เช่น การทำผลไม้แช่ต้มเป็นต้น

การทำให้อาหารแห้งนับเป็นวิธีลดความชื้น เพื่อการถนอมอาหารที่ทำได้ง่ายและแก่แก่ที่สุด แต่ก็เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุด ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนา โดยทั่วๆ ไปสามารถจำแนกวิธีทำให้อาหารแห้งได้เป็น 3 วิธีด้วยกันคือ

- 1) โดยการพับหรืออัด
- 2) โดยการหมุนเพื่อให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง
- 3) โดยการใช้ความร้อน

ปกติแล้วการใช้ความร้อนเป็นวิธีที่ดีและนิยมใช้กันมากกว่าวิธีอื่นๆ เพราะเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุด ทั้งยังสามารถลดความชื้นให้เหลือในปริมาณที่ต่ำได้ ส่วนการใช้วิธีอัดหรือวิธีการหมุนจะเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับบางกรณีเท่านั้น

ความหมายของการทำแห้ง หมายถึง การถ่ายเทของเหลว (liquid) เช่น น้ำออกจากของแข็ง หรือวัสดุชื้น (wet solids) ไปยังก๊าซที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated gas) ตัวอย่างเช่น การตากแห้งอาหารกลางแดด ความร้อนจากแสงแดดจะทำให้น้ำในอาหารระเหยออกไปในอากาศ ลมจะช่วยพัดไอน้ำที่ระเหยออกมาไปจากผิวหน้าของอาหาร เป็นต้น แต่การดึงน้ำออกจากก๊าซหรือของเหลวก็จัดเป็นการอบแห้งเช่นเดียวกัน แต่มักจะเรียกเป็นอย่างอื่น เช่น Dehumidification เป็นต้น (สมบัติ , 2529)

อาหารส่วนใหญ่จะเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสิ่งสำคัญ เพราะจุลินทรีย์มีอยู่ทั่วไป ทั้งใน ดิน, น้ำ, อากาศ ดังนั้นโอกาสที่จุลินทรีย์จะสัมผัสกับอาหารก็มีมาก แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็น รา, แบคทีเรีย, ยีสต์ จะมีความสามารถในการดำรงชีพหรือเจริญเติบโตได้ ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำในปริมาณที่เหมาะสมต่างๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 1.1 ถ้าปริมาณน้ำในอาหารน้อยเกินไป จุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญได้ ดังนั้นการลดปริมาณความชื้นในอาหารลดลงให้พอเหมาะกับอาหารแต่ละชนิด ก็สามารถจะถนอมรักษาอาหารไว้ได้นานขึ้น

ตารางที่ 2.3 ความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละประเภทในช่วง Water activity

(a_w) ต่างๆ

จุลินทรีย์	ค่า a_w ต่ำสุดที่จะเจริญได้
Normal Bacteria	0.81
Normal Yeast	0.88
Normal Mold	0.80
Halophilic Bacteria	0.75
Xerophilic Fungi	0.65
Osmophilic Yeast	0.60

ที่มา : กุลยาและศรีวิไล (2540)

ประโยชน์ของการทำอาหารแห้ง

1. เป็นการป้องกันการเน่าเสียเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี จากเอนไซม์และจากจุลินทรีย์
2. เป็นการลดน้ำหนักอาหาร ทำให้น้ำหนักเบา เหมาะต่อการขนส่ง
3. ช่วยให้เก็บอาหารไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้อง ไม่ต้องเก็บในห้องเย็นให้เปลืองค่าใช้จ่าย
4. ทำให้มีอาหารในเวลาขาดแคลน หรือนอกฤดูกาล หรือใช้ในแหล่งห่างไกล
5. ได้อาหารที่มี รส สี และกลิ่นแตกต่างกันออกไป เป็นการเพิ่มอาหารให้มีมากรสขึ้น

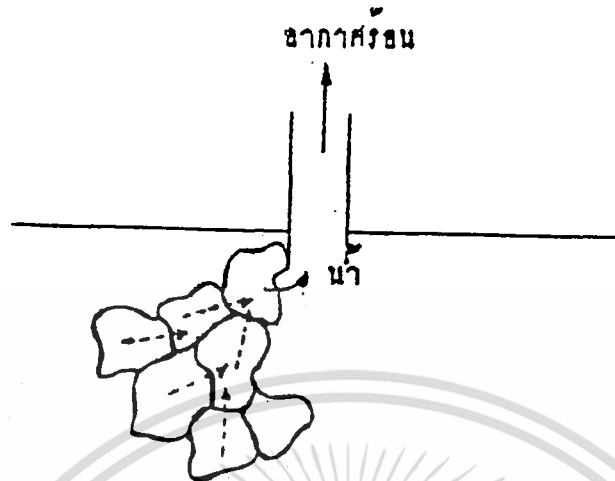
และมักเป็นที่นิยมของคนทั่วไป (กุลยาและศรีวิไล , 2540)

การเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหาร

การระเหยน้ำเกิดขึ้นที่ผิวอาหาร น้ำจากส่วนในอาหารจะต้องเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารก่อน การเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหาร อธิบายได้ 2 แบบคือ การไหลออกแบบท่อเล็กๆ (CAPILLARY FORCE) ได้แก่ อาหารประเภทที่มีโครงสร้างเป็นเส้นใยหรือทรงกลม (ลักษณะแบบเดียวกับไม้หรือเม็ดทราย) จะมีช่องว่างระหว่างของแข็งติดต่อกันเป็นทางแคบๆ หรือหลอดกลมๆ น้ำจะถูกดันขึ้นมาตามช่องแคบนี้ ในกรณีของอาหารที่มีเนื้อเยื่อติดต่อกันหมด (ลักษณะแบบดินเหนียว) การเคลื่อนที่ของน้ำเป็นแบบกระจายแทรกซึม (DIFFUSE) แทรกไปทั้งระหว่างเซลล์ และผ่านเซลล์ ซึ่งมีลักษณะเป็นเยื่อที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ (SEMIPERMEABLE MEMBRANE) ดังนั้นการเคลื่อนที่แบบนี้จะช้า น้ำในอาหารบางอย่างเคลื่อนที่ด้วย CAPILLARY FORCE ก่อนเมื่อความชื้นลดลง ระดับน้ำลดลงจากผิวหน้าของอาหารและเปลี่ยนเป็นแบบแพร่กระจาย การเคลื่อนที่ทั้ง 2 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2

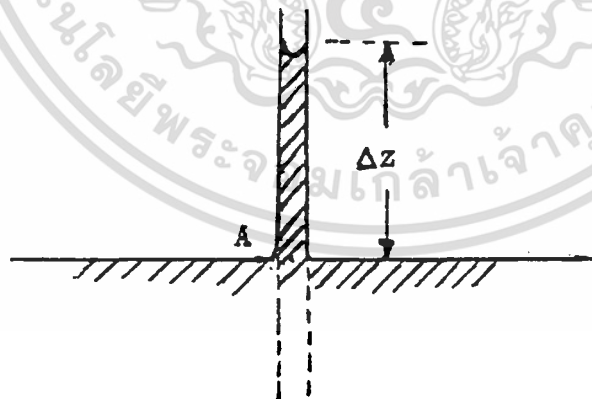
ในระยะเริ่มแรกของการอบแห้ง น้ำจะเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหาร ทำให้ผิวอาหารเปียกชุ่มขึ้น อากาศเหนือผิวอาหารจะอึดตัวด้วยไอน้ำ คราบเท่าที่อัตราเร็วที่น้ำเคลื่อนที่มาที่ผิว มากกว่าหรือเท่ากับอัตราที่น้ำระเหยกลายเป็นไอ และเคลื่อนย้ายไป ความร้อนที่ได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยน้ำทั้งหมด ดังนั้นอุณหภูมิของผิวอาหารจะคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป ปริมาณน้ำในอาหารลดลง การเคลื่อนที่ของน้ำมาที่ผิวช้าลง จนกว่าอัตราการระเหยน้ำผิวอาหารจะแห้ง เมื่อน้ำน้อยการระเหยน้ำลดลง ความร้อนที่เหลือจะทำให้ผิวอาหารร้อนขึ้น

การเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารช้าลงเมื่อมีความชื้นลดลง เนื่องจาก CAPILLARY FORCE หมดไป เปลี่ยนเป็น DIFFUSION ซึ่งช้ากว่า และเนื่องจากการหดตัวของอาหารตามชั้นนอกทำให้เนื้ออาหารในส่วนนอกแน่น การแทรกซึมของน้ำซึ่งช้าลง การเคลื่อนที่ของของแข็งที่ละลายได้ (SOLUBLE SOLID) มาพร้อมกับน้ำที่ผิวหน้าเกิดเป็นแผ่นเหนียวน้ำผ่านไม้สะดวก



รูปที่ 2.1 การไหลออกของน้ำแบบกระจายตัวซึมผ่าน

ที่มา : สมบัติ 2529



รูปที่ 2.2 การไหลออกของน้ำแบบท่อเล็ก

ที่มา : สมบัติ 2529

กลไกของการอบแห้ง

ในกระบวนการอบแห้งใดๆ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อวัสดุ มักนิยามไว้ว่าอัตราส่วนของมวลของน้ำต่อหน่วยมวลของวัสดุแห้ง และเรียกปริมาณนี้ว่าความชื้น (MOISTURE CONTENT)

การศึกษาถึงกลไกในการเปลี่ยนแปลงของความชื้นกับเวลาที่ใช้ออบแห้ง และอัตราอบแห้งของวัสดุใดๆ สามารถดูได้จากกราฟแสดงลักษณะเฉพาะของการอบแห้งของวัสดุชนิดนั้นๆ (DRYING CHARACTERISTIC CURVE) ซึ่งโดยทั่วไปแสดงเป็น 2 ลักษณะคือ

ก. กราฟแสดงความชื้นที่เปลี่ยนไปเทียบกับเวลา

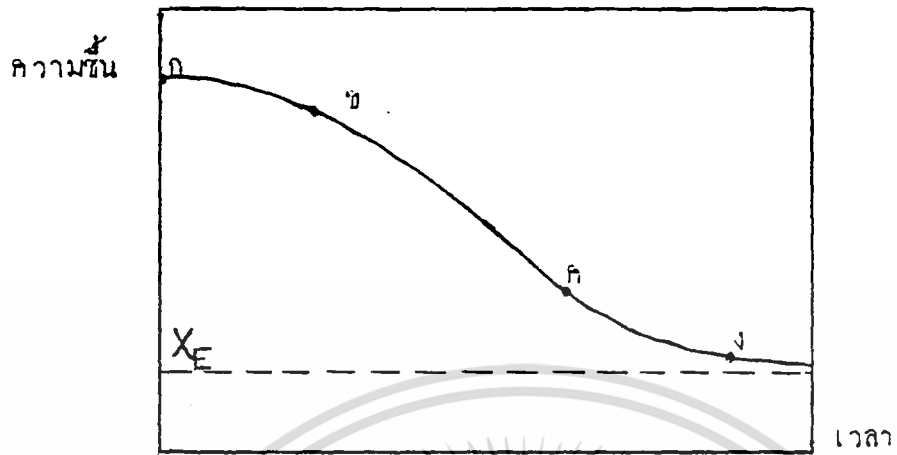
ข. กราฟแสดงอัตราการอบแห้ง

ซึ่งกรณีแรกสามารถดูได้จากรูปที่ 2.3 ส่วนอัตราการอบแห้งแสดงในรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าสามารถแบ่งช่วงของการอบแห้งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ ได้แก่ ช่วง ค.ข. ในกราฟ ในช่วงนี้สภาพที่ผิวหน้าวัสดุจะเปียกชื้นมาก ทำให้อากาศร้อน ได้สัมผัสกับผิวหน้าอย่างเต็มที่ (รูปที่ 5 ก.) อัตราการอบแห้งเริ่มมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำและวัสดุเริ่มสูงขึ้นนั่นเอง ซึ่งตามทฤษฎีแล้วอุณหภูมิของวัสดุในช่วงนี้จะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศร้อน

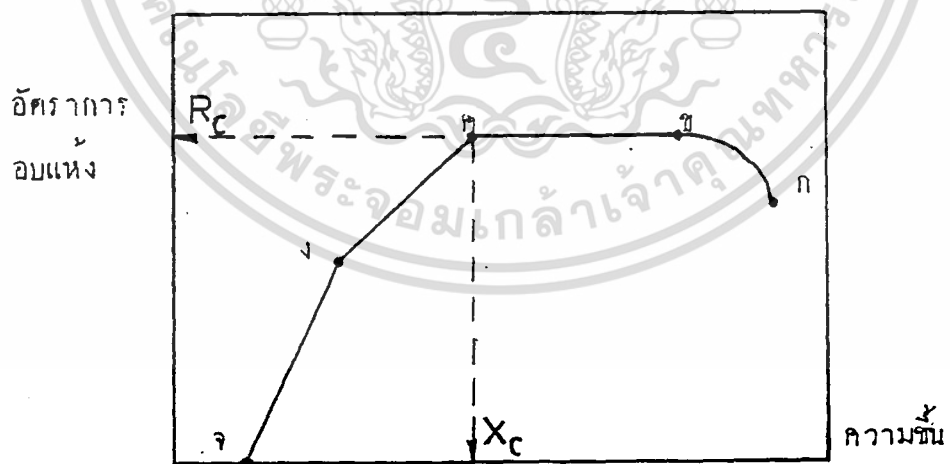
2. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ได้แก่ช่วง ข.ค. ในกราฟ ในช่วงนี้อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ตลอด ซึ่งทำให้ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับถูกใช้ไป ในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุเท่านั้น การกระจายความชื้นที่ผิวหน้าวัสดุจะมีค่าคงที่ นั่นคืออัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวหน้า มีค่าเท่ากับอัตราการระเหยความชื้นจากผิวหน้าวัสดุออกไป (รูปที่ 5 ข.) ดังนั้นอัตราการอบแห้งในช่วงนี้จึงมีค่าคงที่ และขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผิววัสดุนั้น

3. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ได้แก่ช่วง ค.จ. ในกราฟ ในช่วงนี้ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิววัสดุจะระเหยหมดไป เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวหน้าวัสดุ เพราะถูกควบคุมด้วยอัตราการแพร่ของน้ำจากภายในมาสู่ภายนอก (รูปที่ 5 ค.และ ง.) ดังนั้นผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น อัตราความเร็วของการอบแห้งจะค่อยๆ ลดลง เพราะปริมาณความร้อนที่ผิววัสดุได้รับนอกจากจะลดลงแล้ว ความร้อนนี้ยังต้องใช้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุอีกด้วย ปกติแล้ว สามารถแบ่งช่วงอัตราการอบแห้งลดลงนี้ออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกของช่วงอัตราการอบแห้งลดลง



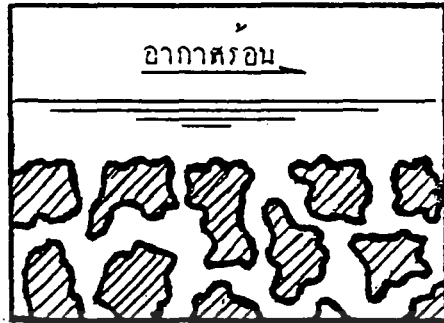
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความชื้นที่เปลี่ยนไปเทียบกับเวลา

ที่มา : สมบัติ 2529



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงอัตราการอบแห้ง

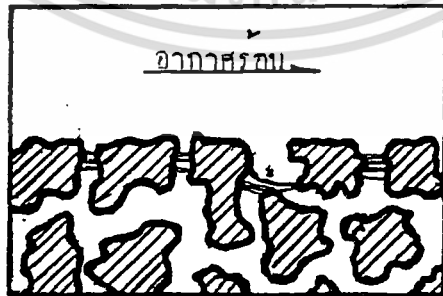
ที่มา : สมบัติ 2529



ก. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้น



ข. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่



ค. ระยะแรกของช่วงอัตราการอบแห้งลดลง



ง. ระยะเวลาหลังของช่วงอัตราการอบแห้งลดลง
รูปที่ 2.5 แสดงการกระจายตัวของความชื้นในช่วงต่างๆ
ที่มา : สมบัติ 2529

ได้แก่ ระยะ ค.ง. ในกราฟ ที่ระยะนี้ระดับผิวหน้าของความชื้นแห้งจะเริ่มลดลงมาเท่ากับ หรือต่ำกว่าระดับผิวหน้าของวัสดุเล็กน้อย (รูปที่ 2.5 ค) ทำให้พื้นที่ผิวของความชื้นมีค่าลดลง จึงเป็นสาเหตุให้อัตราการอบแห้งลดลงด้วย ระยะของช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ได้แก่ ระยะ ง.จ. ในกราฟ ที่ระยะนี้พื้นที่ผิวของความชื้นจะลดลงเป็นอย่างมาก และอัตราการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากภายในจะช้ามากขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้อัตราการอบแห้งลดลง (รูปที่ 2.5 ง)

ค่าความชื้นที่เริ่มเปลี่ยนจากช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ไปเป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เรียกว่า ความชื้นวิกฤต X_c (CRITICAL MOISTURE) และค่าความชื้นสุดท้ายที่ทำให้ อัตราการอบแห้งเป็นศูนย์ เรียกว่า ความชื้นสมดุล X_e (EQUILIBRIUM MOISTURE) แสดงด้วยจุด ค. และ จ. ซึ่งค่านี้เป็นค่าความชื้นของวัสดุที่คงเหลือ คูได้ภายหลังการอบแห้งได้สภาวะของอากาศลงที่หนึ่งๆ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง (สมบัติ 2529)

ในการอบแห้งอาหารต่างๆ ไป มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้การอบแห้งนั้นเกิดขึ้นได้เร็วหรือช้า ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมากๆ จะมีอัตราการอบแห้งเร็ว นอกจากนั้นพื้นที่ผิวอาหารก็มีผลต่ออัตราการอบแห้งมาก อาหารที่มีพื้นที่ผิวมากๆ การอบแห้งก็จะทำได้เร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่างของอาหาร ส่วนใหญ่จะคำนึงถึงเฉพาะความหนาของอาหาร เนื่อง จากอัตราการอบแห้งจะเป็นส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร ซึ่งอาหารหนามากทำให้การอบ แห้งจะเกิดได้ช้าลง

3. ปริมาณอาหาร อาหารที่ใส่ในเครื่องอบแห้งและการจัดเรียง เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่าง หนึ่ง การใส่ปริมาณอาหารมากเกินไปเข้าไปในเครื่องอบแห้ง จะทำให้การอบแห้งทำได้ไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณช่วงกลางๆ น้ำจะระเหยออกได้ไม่ดี ความร้อนเข้าไปข้างในไม่ค่อยถึง ยิ่งถ้าจัด เรียงตัวไม่ดีแล้ว ก็จะทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้ช้ามาก

4. ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของลม ความชื้นของ อากาศเป็นสิ่งที่สำคัญมาก การระเหยน้ำออกจะทำได้ดีหรือไม่ ขึ้นกับความชื้นของอากาศและ ความเร็วของลม นอกจากนั้นอุณหภูมิที่ใช้ออบก็จะเป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นกัน

5. ความดัน เกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำ เนื่องจากในที่มีความดันต่ำๆ ลงมาน้ำจะเดือด ได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการอบแห้งต่ำลง

6. การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนจะทำให้เสียหยาบ (Browning or Heat damage) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความร้อนไปทำให้สารอาหารบางตัว โดยเฉพาะพวกแป้งและน้ำตาล เกิดการเผาไหม้โดยปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้ลักษณะของอาหารผิดไป การเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้จะ เกิดได้เร็วขึ้น ถ้าอึ่งใช้อุณหภูมิในการทำแห้งสูงๆ และจากการศึกษาพบว่า เมื่ออบแห้งอาหารจนมี ปริมาณความชื้นประมาณ 15-20 % จะเร็วมาก ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงนี้ความเข้มข้นของพวกแป้ง และน้ำตาลมากขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาเกิดรวดเร็วขึ้น ในการทำแห้งอาหารโดยทั่วๆ ไป จะสามารถ ป้องกันการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้ได้โดยการเติมสารเคมี คือใช้ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ใน ปริมาณประมาณ 200-700 ppm แล้วแต่ประเภทของอาหาร

เครื่องอบในสภาวะสูญญากาศ (Vacuum driers)

จะมีลักษณะรูปร่างและการทำงาน คล้ายกับเครื่องอบในระบบปิดทั่วๆ ไป แต่จะมีการลด ความดันของบรรยากาศภายในระบบให้ต่ำกว่าความดันของบรรยากาศภายนอก เพื่อให้ให้น้ำใน อาหารสามารถระเหยได้มากที่อุณหภูมิต่ำ เหมาะที่จะใช้กับอาหารที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูง หรือใช้ ในกรณีที่ต้องการสงวนรักษาคูณค่าทางโภชนาการเอาไว้ การอบแห้งภายใต้สูญญากาศจะช่วยให้ สามารถเก็บรักษาคูณค่าได้ยาวนานขึ้น โดยเฉพาะอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบสูง เพราะไขมัน จะเกิดการเหม็นหืนได้ง่าย เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่ในสภาวะนี้เป็น การอบโดยปราศจากออกซิเจน จึงทำให้ไม่มีตัวเร่งในการเกิดปฏิกิริยา ทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ช้าลง และได้มีการศึกษาคูณภาพของมะขามโดยการทำแห้งภายใต้สูญญากาศ (แสนพล , 2532) พบว่า

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งภายใต้สภาวะนี้ แหล่งที่มีสีน้ำตาลไม่เข้มมากเกินไป แสดงว่าในสภาวะสูญญากาศจะช่วยชะลอหรือยับยั้ง การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยา nonenzymatic Browning ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เกิดการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการเกิดสีน้ำตาล ดังนั้นในการอบแห้งภายใต้สภาวะสูญญากาศจึงเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูง , มีไขมันเป็นองค์ประกอบสูง และเกิดสีน้ำตาลได้ง่าย จะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น

ข้อดีของตู้อบสูญญากาศ

1. ช่วยไม่ให้เกิดสีน้ำตาลในอาหาร เนื่องจากใช้อุณหภูมิต่ำลง
2. ช่วยลดการเกิดกลิ่นหืน เนื่องการในการอบใช้สภาวะสูญญากาศจะทำการดึงอากาศออกจากระบบทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ช้าลง
3. ทำให้รักษากลิ่นรสของอาหาร ได้ดีเหมือนกับผลิตภัณฑ์เริ่มต้น เนื่องจากใช้อุณหภูมิต่ำ ทำให้การเสื่อมเสียกลิ่นรสน้อยลง
4. ทำให้การเสื่อมเสียคุณค่าทางโภชนาการลดน้อยลง
5. ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้คงคุณภาพได้นานขึ้น

การเสื่อมคุณภาพของมะพร้าวอบแห้ง

1. การเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Browning reaction) การเกิดสารสีน้ำตาลในอาหารที่ผ่านความร้อนมาแล้ว หรืออาหารแห้งจะเป็นปฏิกิริยาที่สรุปได้ 3 แบบคือ
 - คาร์โบไฮเดรตทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน ทำให้เกิดสารสีน้ำตาล ซึ่งทราบกันโดยทั่วไปว่าเกิด Maillard Reaction ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้แม้จะมีคาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโน จำนวนเล็กน้อยก็ตาม

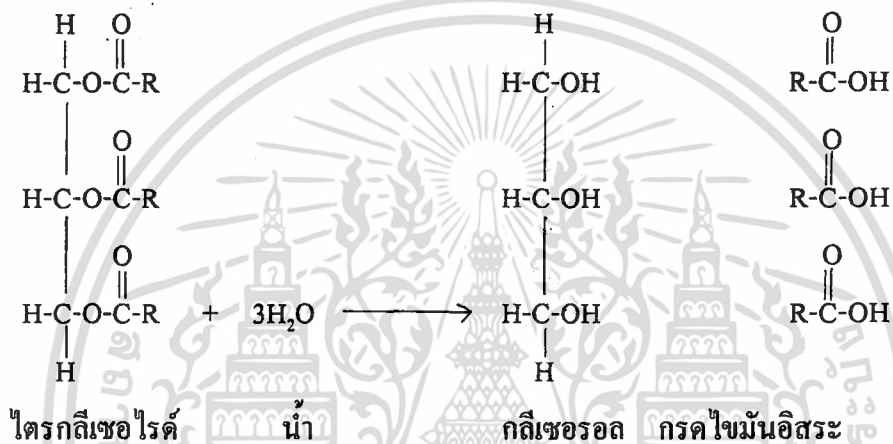
- Ascorbic acid degradation กรดแอสคอบิกสลายตัวจนได้สารสีน้ำตาลในขั้นสุดท้าย
- Caramelization เกิดจากน้ำตาลสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุล ซึ่งจะเกิดเมื่อได้รับความร้อน

สูง

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้แก่ อุณหภูมิที่เก็บ ความชื้น และการสัมผัสกับออกซิเจนของอาหาร ในระหว่างการเก็บหรือการแปรรูป ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดเร็วขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับความชื้น เพราะถ้าความชื้นสูง ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะช้าลง และสำหรับปริมาณออกซิเจนต่ำมีมาก ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเร็วขึ้น การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล อาจทำได้ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง โดยผ่านกระบวนการบางอย่าง เช่น แฉ่น้ำ การรมควัน หรือแช่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และการลวก จะลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้ นอกจากนี้อาจป้องกันโดยการบรรจุในสูญญากาศ

2. การเกิดกลิ่นหืน มะพร้าวอบแห้งจะมีปริมาณไขมันในปริมาณสูง เมื่อเก็บไว้อาจเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ เนื่องมาจากการเกิดกลิ่นหืนของไขมัน โดยทั่วไปพบว่า การเกิดกลิ่นหืนของไขมันมี 2 ลักษณะคือ

2.1 การสลายตัวของไขมัน (Hydrolytic rancidity และ Lipolysis) เป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายของน้ำมันหรือไขมัน ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอลขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดเร็วขึ้น ถ้ามีกรดหรือเอนไซม์อยู่ด้วย หรืออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ดังสมการ



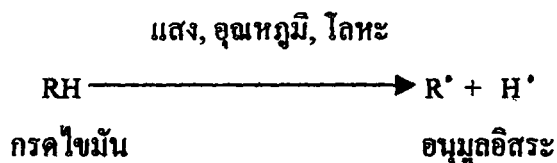
2.2 การเติมออกซิเจน (Oxidation rancidity) เป็นปฏิกิริยาเนื่องจากการกรดไขมันอิสระทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้สารประกอบ hydroperoxide ซึ่งสลายตัวต่อไปเป็นสารเคมีที่ระเหยง่ายและมีกลิ่นหืน การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากการเติมออกซิเจนนี้ จะมีผลต่อกรดไขมันอิสระที่มีโมเลกุลยาว แต่การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากการสลายตัวของไขมัน จะเกิดเฉพาะในอาหารที่มีกรดไขมันอิสระที่มีโมเลกุลสั้นๆ เท่านั้น การเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (Oxidation) นี้เป็นปฏิกิริยาแบบ autoxidation และ atmospheric oxidation ทำให้เกิดสารประกอบ aldehydes หรือ ketones ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติไม่ดีขึ้น

ปฏิกิริยาการเกิด oxidation ของไขมันที่ไม่อิ่มตัว แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

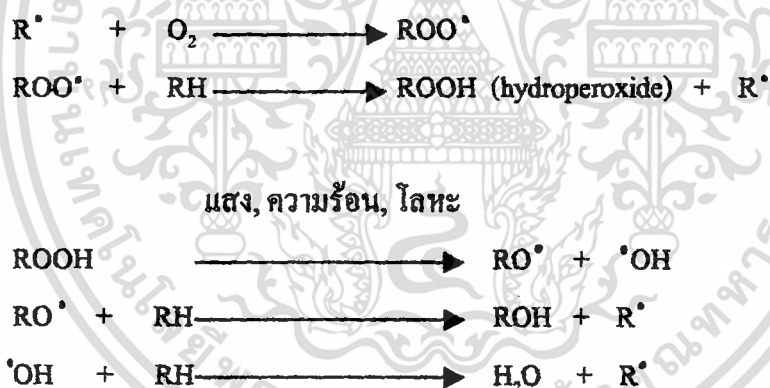
1. การเกิด oxidation ของไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พวก polyunsaturated fat ทำให้เกิด polymeric end products
2. การเกิด oxidation ของไขมันที่ไม่อิ่มตัวปานกลาง อันเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นหืนขึ้น

ปฏิกิริยาการเกิด oxidation ของไขมันมี 3 ระยะคือ ระยะตั้งต้น (initiation) ระยะเพิ่มจำนวน (propagation) และระยะสิ้นสุด (termination)

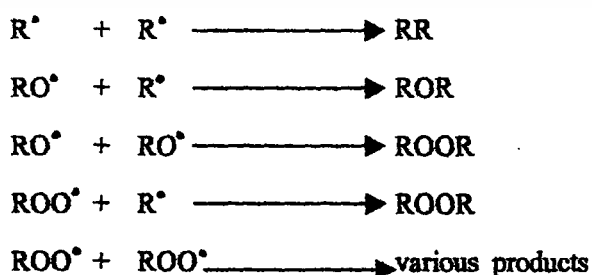
1. **ระยะตั้งต้น** เป็นระยะที่มีอนุมูลอิสระของกรดไขมันเกิดขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจมีแสง อุณหภูมิ หรือโลหะ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาก็ได้ ดังสมการ



2. **ระยะเพิ่มจำนวน** เป็นระยะที่อนุมูลอิสระ (R) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้เป็นอนุมูล peroxy (ROO) ซึ่งอนุมูล peroxy (ROO) นี้จะทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน ได้สารประกอบ hydroperoxide (ROOH) และกรดไขมันอิสระ ซึ่ง hydroperoxide ที่เกิดขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาต่อไป โดยมี แสง ความร้อน และโลหะเป็นตัวเร่ง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอีก และเกิดปฏิกิริยาต่อไปแบบเติมต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ แบบลูกโซ่ ทำให้มีอนุมูลอิสระสะสมมากขึ้นในระบบ จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงระยะสิ้นสุด ดังสมการ



3. **ระยะสิ้นสุด** เป็นระยะที่มีอนุมูลอิสระต่างๆ รวมตัวกันเป็นสารประกอบใหม่ ดังสมการ



เมื่อปฏิกิริยาถึงระยะสิ้นสุดแล้ว จะมีสารประกอบ hydroperoxides สะสมในระบบเป็นจำนวนมาก โดยปกติสารประกอบ hydroperoxides ไม่มีกลิ่นเฉพาะตัว แต่สารประกอบนี้สามารถสลายตัว และทำปฏิกิริยาต่อไป ได้เป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งมีกลิ่นไม่ดี เช่น aldehydes , ketones และ alcohol อัตราการเกิดปฏิกิริยานี้จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้คือ ชนิดของกรดไขมัน ถ้าอาหารประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมาก โอกาสที่จะถูก oxidize จะมากกว่าอาหารที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวปริมาณน้อย และถ้าเก็บอาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันไว้ในสภาวะที่มีโอกาสสัมผัสกับแสง รังสี หรือในที่ที่มีอุณหภูมิสูง มีออกซิเจนอยู่ด้วย จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น นอกจากนี้โลหะบางตัวอาจเร่งปฏิกิริยานี้ได้เหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทองแดง และเหล็ก

การติดตามปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืนทำได้หลายวิธี เช่น การหาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) การหากรดไขมันอิสระ การหาไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine number) และการหาค่า TBA (Thiobarbituric acid number) ซึ่งวิธีการหาค่า TBA จะดีกว่าวิธีอื่นๆ คือ

- การวิเคราะห์ที่ไม่ต้องใช้สารละลายมาสกัด ไขมันออกมาจากอาหารก่อนเหมือนวิธีอื่นๆ ทำให้วิเคราะห์ได้รวดเร็ว สามารถติดตามปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในไขมันชนิด ที่สกัดไม่ได้ ด้วยสารละลายธรรมดา (non extractable fat) เช่น phospholipids และไขมันที่รวมอยู่กับโปรตีน ซึ่งไขมันพวกนี้ทำให้เกิดกลิ่นหืนมากกว่าไขมันพวกที่ถูกสกัดได้ด้วยสารละลาย (extractable fat) เช่น triglyceride

- ไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน อันเนื่องมาจากวิธีการที่ใช้วิเคราะห์เอง
- ค่า TBA มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับกลิ่นที่เกิดขึ้น
- ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ง่ายๆ มี sensitivity

จากการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบคาร์บอนิล ที่มีอยู่ในอาหาร ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน สรุปว่าสารประกอบที่เป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดกลิ่นหืนคือ มาโลนัลดีไฮด์ (malonaldehyde) ซึ่งแยกออกมาได้โดยวิธีการอุ่นด้วยไอน้ำ โดยอาหารที่ถูกนำมาถนอมมีสภาพเป็นกรด มาโลนัลดีไฮด์ที่ถูกกลั่นออกมาสามารถทำปฏิกิริยากับ 2-thiobarbituric acid ให้สารละลายสีชมพู ดูดกลืนแสงได้ที่ 538 นาโนเมตร ปริมาณที่ถูกดูดกลืนจะเป็นสัดส่วนโดยตรง กับความเข้มข้นของมาโลนัลดีไฮด์ ความเข้มข้นของมาโลนัลดีไฮด์ต่อตัวอย่างอาหารหนึ่งกิโลกรัม คือค่า TBA ซึ่งแสดงถึงความมากน้อยของปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้น (วิชชุตา, 2531)

บทที่ 3

วัตถุประสงค์ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัตถุประสงค์

1. มะพร้าวที่ขึ้นทึก (มะพร้าวที่ไม่แก่หรือไม่อ่อนจนเกินไป สังเกตจากกะลาจะเป็นสีขาวไม่เป็นสีดำ)

2. ภาชนะบรรจุ

2.1 ถุงพลาสติก Polyethylene (PE) แบบบาง ขนาด 5x8 นิ้ว หนา 0.0375 มิลลิเมตร

2.2 ถุงพลาสติก Polyethylene (PE) แบบหนา ขนาด 5x8 นิ้ว หนา 0.1075 มิลลิเมตร

2.3 ถุงพลาสติก Polypropylene (PP) ขนาด 5x8 นิ้ว หนา 0.0750 มิลลิเมตร

อุปกรณ์ 3. น้ำตาลทรายขาว (มิตรผล)

1. ตู้บลมร้อนสูญญากาศ Vac 92-0 รุ่น 273700

2. ตู้บลมร้อนแบบจาด

3. รีแฟรกโตมิเตอร์

4. ขวดโหล

5. ตะแกรง

6. กะละมัง

7. มีดผ่ามะพร้าว

8. หม้อคุ่น

9. เครื่องสไลด์

10. ชุดอุปกรณ์หาคความชื้น

11. ทัพพี

12. เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง

13. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

14. เครื่องบรรจุแบบสูญญากาศ

15. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

16. บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

17. กรวย
18. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
19. กระจกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
20. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
21. หลอดทดลอง
22. ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร
23. ชุดกลั่น TBA
24. อ่างน้ำร้อน
25. ขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร
26. หลอดวัดแสง
27. Glass bead
28. แท่งแก้วคน
29. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
30. ซ้อนตักสาร

สารเคมี

1. แคลเซียมคลอไรด์
2. โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟด์
3. กรดซิดริก
4. สารละลาย TBA เตรียมโดยละลาย TBA 0.2883 กรัม ด้วย 90 % glacial acetic acid
จนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร
5. สารละลายไฮโดรคลอริก 4 M

วิธีการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำมะพร้าวแช่อบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน สูญญากาศ

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสม โดยการแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 6 ชุด
 - ชุดที่ 1. อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ภายใต้สูญญากาศ
 - ชุดที่ 2. อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้สูญญากาศ
 - ชุดที่ 3. อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ภายใต้สูญญากาศ
 - ชุดที่ 4. อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ภายใต้สูญญากาศ
 - ชุดที่ 5. อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ภายใต้สูญญากาศ
 - ชุดที่ 6. อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยตู้อบลมร้อนแบบถาด (ชุดควบคุม)
2. ทำการอบแห้งทั้ง 6 ชุด เก็บตัวอย่างทุก 1 ชั่วโมง เพื่อหาความชื้น
3. บันทึกผลของ % ความชื้นและหาค่า % Reduction moisture content และสร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบอัตราการอบแห้ง
4. เลือกสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการทดสอบแบบ Hedonic Scale ให้ระดับคะแนน 1-9 (ภาคผนวก ก.) ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างเบื้องต้นโดยวิธี RCB และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan 's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ขั้นตอนที่ 2 เพื่อศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกได้จากขั้นตอนที่ 1

1. ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 6 ชุด
 - ชุดที่ 1. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนแบบถาด ไม่บรรจุภาชนะอะไรเลย (ชุดควบคุม, HC)
 - ชุดที่ 2. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศ ไม่บรรจุภาชนะอะไรเลย (ชุดควบคุม, VC)
 - ชุดที่ 3. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนแบบถาด บรรจุถุง PE บาง (HT)
 - ชุดที่ 4. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศ บรรจุถุง PE บาง (VT)
 - ชุดที่ 5. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศ บรรจุถุง PEหนา (VD)
 - ชุดที่ 6. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศ บรรจุถุง PP แบบสูญญากาศ (VP)
2. บรรจุผลิตภัณฑ์ชุดการทดลองละ 12 ถุง ถุงละ 20 กรัม
3. ทดสอบผลทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างทั้ง 6 ตัวอย่าง ทุกๆ 1 สัปดาห์ เริ่มจากสัปดาห์ที่ 0 จนถึงสัปดาห์ที่ 4 โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Hedonic Scale ให้ระดับคะแนน 1-9

(ภาคผนวก ก.) ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างเบื้องต้นโดยวิธี RCB และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan 's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. วิเคราะห์ทางเคมี โดยใช้ตัวอย่างจากสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 4 โดยการหาปริมาณ Thiobabituric Acid Value (TBA) ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างเบื้องต้นโดยวิธี CRD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan 's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%





บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง

ตารางที่ 4.1.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลง %ความชื้น (%Moisture Content) ของมะพร้าวแช่ร้อน เมื่ออบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดและตู้อบลมร้อนสูญญากาศ

ชั่วโมงที่	% Moisture Content	
	ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ	ตู้อบลมร้อนแบบถาด
0	30.41	32.25
1	16.44	11.43
2	10.69	9.03
3	6.87	6.45
4	4.27	5.73
5	3.31	5.02
6	2.77	4.31

ตารางที่ 4.1.2 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราการอบแห้ง (%Reduction Moisture Content) ของมะพร้าวแช่ร้อน ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดและตู้อบลมร้อนสูญญากาศ

ชั่วโมงที่	% Reduction Moisture Content	
	ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ	ตู้อบลมร้อนแบบถาด
1	45.94	64.67
2	64.85	72.09
3	77.41	80.06
4	85.96	82.29
5	89.12	84.48
6	90.89	86.68

จากรูปที่ 4.1 , 4.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความชื้น (% Moisture content) และ %Reduction Moisture Content จะเห็นว่าใน 3 ชั่วโมงแรก อัตราการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด จะเร็วกว่าอัตราการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ เนื่องจากตู้อบลมร้อนแบบถาดมีลมเป่าระบายความชื้น น้ำที่ออกมาจากผลิตภัณฑ์จึงถูกระบายออกจากตู้อบอยู่ตลอดเวลา แต่ในตู้อบลมร้อนสูญญากาศ เป็นตู้อบแบบปิดไม่มีการระบายความชื้นออกจากตู้ น้ำที่ถูกล้างออกมาจากผลิตภัณฑ์ จึงไม่ถูกระบายออกไป ลักษณะการให้ความร้อนจึงเป็นแบบร้อนชื้น ทำให้อัตราการอบแห้งช้า แต่เมื่อเวลาในการอบแห้งหลังจากชั่วโมงที่ 3 อัตราการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ จะสูงกว่าการใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ในตู้อบลมร้อนสูญญากาศยังมีความชื้นอยู่สูงจึงสามารถดึงความชื้นออกมาได้มาก ทำให้อัตราการอบแห้งสูง แต่ผลิตภัณฑ์ในตู้อบลมร้อนแบบถาดมีน้ำเหลือในผลิตภัณฑ์น้อยกว่า จึงทำให้อัตราการอบแห้งต่ำกว่า และระบบสูญญากาศในการอบแห้งจะช่วยให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้น เพราะระบบสูญญากาศจะช่วยในการดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อได้มากขึ้นด้วย



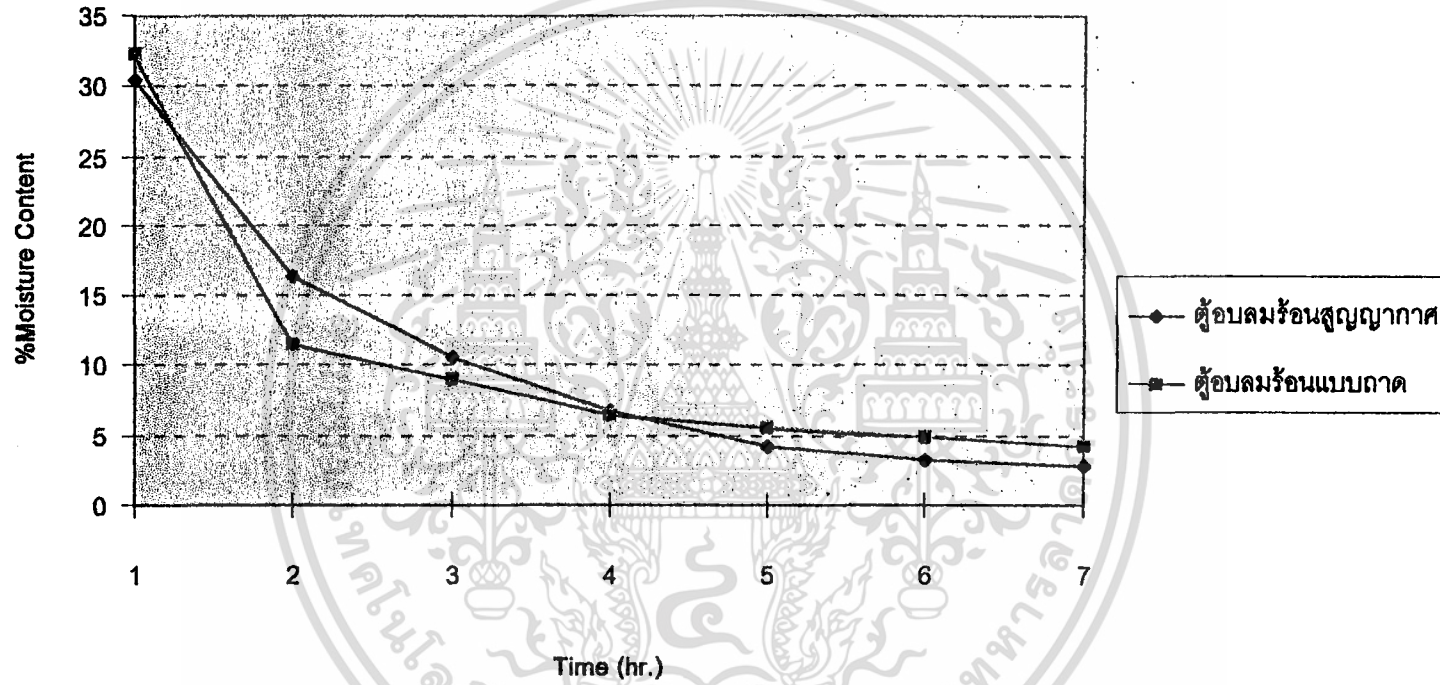
ตารางที่ 4.1.3 แสดงผลเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง %ความชื้น (%Moisture Content) ของมะพร้าวแช่ร้อน เมื่ออบที่อุณหภูมิต่างๆ (องศาเซลเซียส) โดยใช้ตู้อบลมร้อนสุญญากาศ

ชั่วโมงที่	%Moisture Content				
	55	60	65	70	80
0	33.76	33.86	30.41	29.83	33.63
1	25.05	21.26	16.44	11.42	12.45
2	17.46	14.52	10.69	7.72	7.62
3	12.56	11.01	6.87	4.88	4.25
4	9.56	9.02	4.27	3.56	2.91
5	7.73	7.27	3.31	2.97	2.13
6	5.90	5.38	2.77	2.24	1.89

ตารางที่ 4.1.4 แสดงผลเปรียบเทียบอัตราการอบแห้ง (%Reduction Moisture Content) ของมะพร้าวแช่ร้อน เมื่ออบที่อุณหภูมิต่างๆ (องศาเซลเซียส) โดยใช้ตู้อบลมร้อนสุญญากาศ

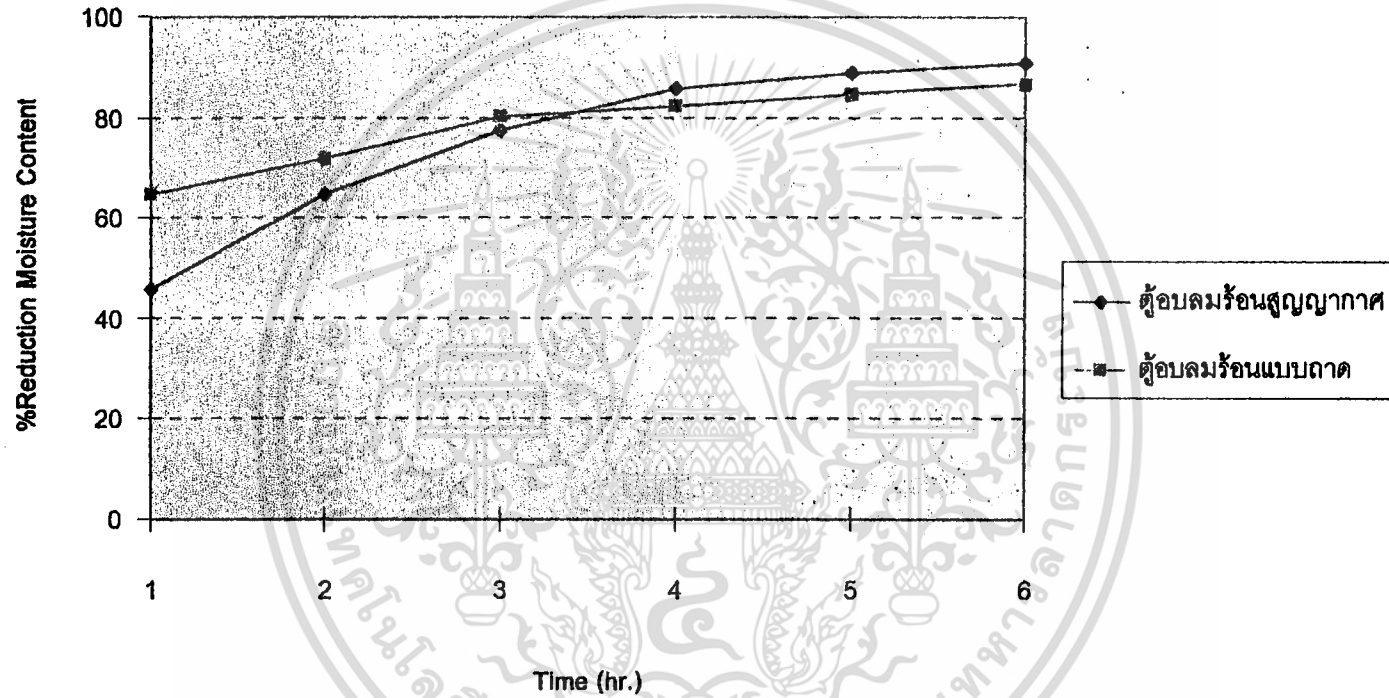
ชั่วโมงที่	%Reduction Moisture Content				
	55	60	65	70	80
1	25.80	36.18	45.94	61.72	62.97
2	48.28	57.12	64.85	74.12	77.34
3	62.80	67.48	77.41	83.64	87.36
4	71.68	73.36	85.96	88.07	91.35
5	77.10	78.53	89.12	90.04	93.67
6	82.52	84.11	90.89	92.49	94.38

%MOISTURE CONTENT



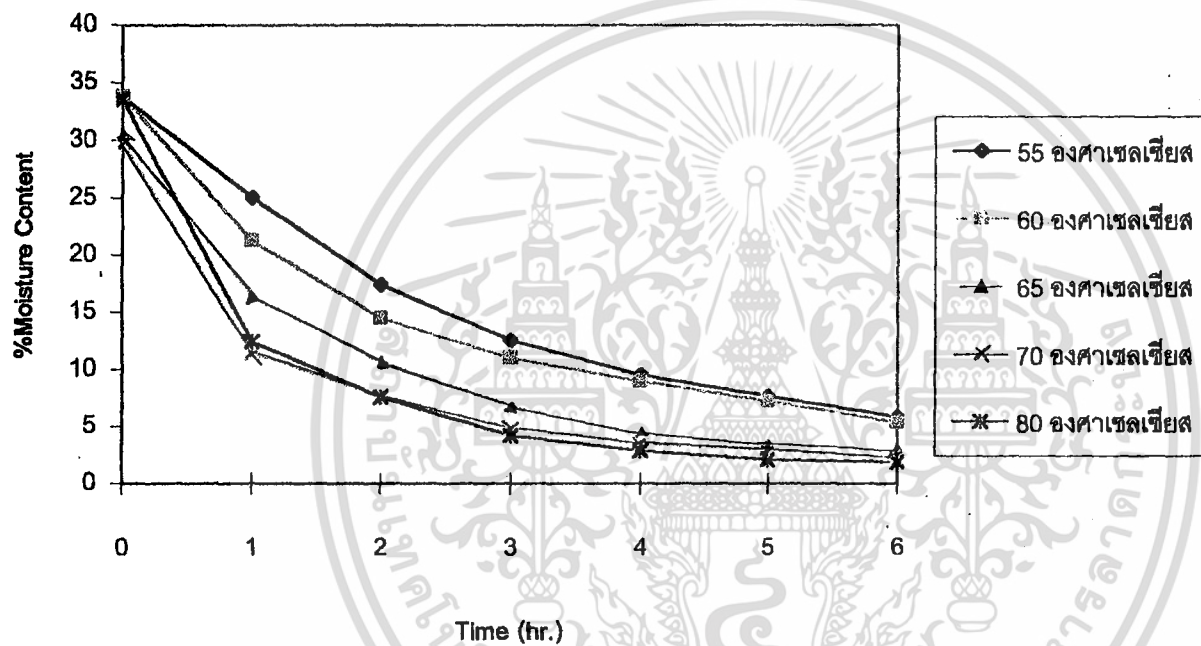
รูปที่ 4.1 แสดงผลการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลง %ความชื้น (%Moisture Content) ของมะพร้าวแช่เย็น เมื่ออบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด และตู้อบลมร้อนสุญญากาศ

%REDUCTION MOISTURE CONTENT



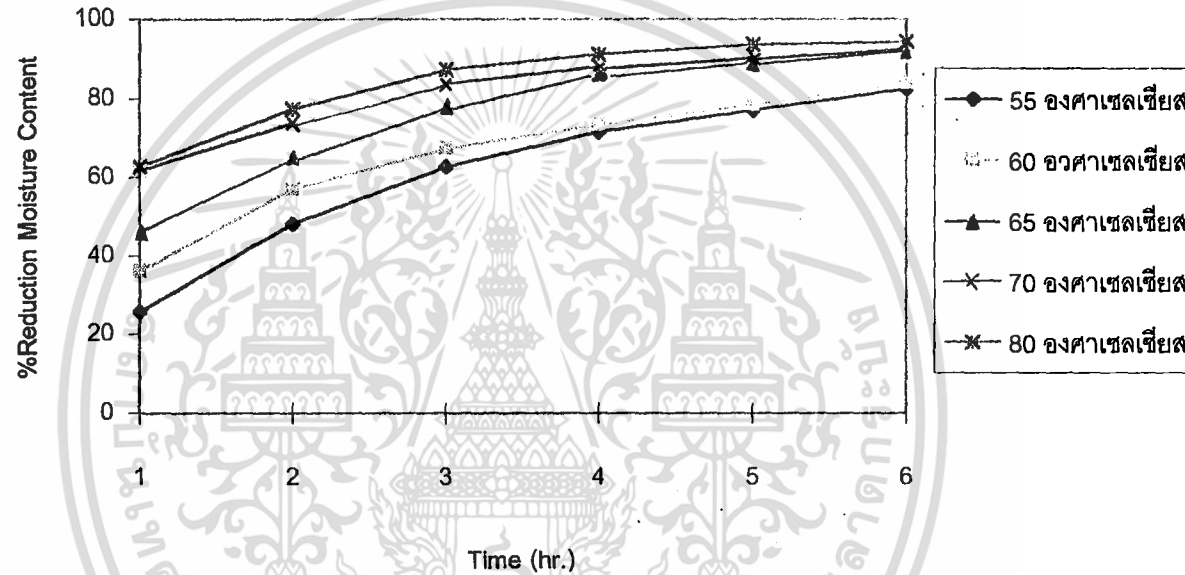
รูปที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราการอบแห้ง (%Reduction Moisture Content) ของมะพร้าวแช่แอมที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้ตุ๋บลมร้อนแบบเตาและตุ๋บลมร้อนสุญญากาศ

%MOISTURE CONTENT



รูปที่ 4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง%ความชื้น(%Moisture Content)ของมะพร้าวแช่ต้ม เมื่ออบที่อุณหภูมิต่างๆ (องศาเซลเซียส) โดยใช้ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ

%REDUCTION MOISTURE CONTENT



รูปที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราการอบแห้ง (%Reduction Moisture Content) ของมะพร้าวแช่ร้อน ที่อุณหภูมิต่างๆ (องศาเซลเซียส) โดยใช้ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ

ตารางที่ 4.1.5 แสดงลักษณะทางกายภาพของมะพร้าวแช่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ภายใต้สภาวะสูญญากาศ

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ (องศาเซลเซียส)	ลักษณะทางกายภาพ
55	ผลิตภัณฑ์มีลักษณะสีขาว เนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่แข็งและเหนียวจนเกินไป
60	ผลิตภัณฑ์มีลักษณะสีขาว เนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่แข็งและเหนียวจนเกินไป
65	ผลิตภัณฑ์มีลักษณะสีขาว เนื้อสัมผัสนุ่ม แต่แข็งและเหนียวขึ้นกว่าผลิตภัณฑ์ที่อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เล็กน้อย
70	ผลิตภัณฑ์มีลักษณะสีขาวอมเหลือง เนื้อสัมผัสหยาบ ไม่นุ่มและเหนียว
80	ผลิตภัณฑ์มีลักษณะสีขาวเหลือง เนื้อสัมผัสหยาบแข็ง และแห้งมาก
65 (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	ผลิตภัณฑ์มีลักษณะสีขาวอมเหลือง เนื้อสัมผัสหยาบ ไม่นุ่มและเหนียว

จากตารางที่ 4.1.1 , 4.1.2 และรูปที่ 4.1 , 4.2 เมื่ออบผลิตภัณฑ์ที่ตู้อบลมร้อนสูญญากาศเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ที่ 55 และ 60 องศาเซลเซียส มี % ความชื้น และ % Reduction Moisture Content ใกล้เคียงกัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ที่ 65 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส มี % ความชื้น และ % Reduction Moisture Content ใกล้เคียงกัน แต่จากตารางที่ 4.1.5 แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้เริ่มมีสีขาวอมเหลือง และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 80 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์จะมีสีขาวเหลือง แสดงว่าอุณหภูมิสูงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาล ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยา nonenzymatic Browning หรืออาจเกิดจากปฏิกิริยามัลดาร์ด (maillard reaction) ของน้ำตาลซึ่งมีอยู่ในผลิตภัณฑ์มะพร้าวแช่อบแห้ง ดังนั้นในการอบแห้งมะพร้าวแช่อบแห้ง ไม่ควรใช้อุณหภูมิมากกว่า 65 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ไม่มีความแตกต่าง ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิที่ใช้ในการอบคือ 55

องศาเซลเซียส เพราะเป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด เพื่อป้องกันการเหี่ยวหืนของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอุณหภูมิสูงมีผลในการเร่งให้ไขมันที่มีอยู่ในอาหารเกิดการเหี่ยวหืนได้

ตารางที่ 4.1.6 แสดงผลของ % ความชื้น ที่มีต่อมะพร้าวแช่อบแห้ง โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่าง	การทดสอบทางประสาทสัมผัส
	ความชอบโดยรวม
ที่ระดับความชื้น 25 %	4.80 ^{bc}
ที่ระดับความชื้น 18 %	4.85 ^{bc}
ที่ระดับความชื้น 13 %	6.05 ^a
ที่ระดับความชื้น 10 %	5.25 ^{ab}
ที่ระดับความชื้น 8 %	4.45 ^{bc}
ที่ระดับความชื้น 6 %	3.85 ^c
ที่ระดับความชื้น 5 %	3.95 ^{bc}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมกับผลิตภัณฑ์มะพร้าวแช่อบแห้งที่มีความชื้นประมาณ 13 % มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.05 โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งที่ระดับความชื้นเท่ากับ 13 % นี้ เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบเท่ากับ 55 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการอบเท่ากับ 3 ชั่วโมง

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งมะพร้าวแช่อบ คือ ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเท่ากับ 55 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสูญญากาศ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นสีขาว มีกลิ่นประมาณ 13 % เนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่แข็งและเหนียวจนเกินไป

4.2 ผลการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ทดสอบผลการทดลองทั้ง 6 ชุดการทดลองดังนี้

ชุดที่ 1. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนแบบถาด ไม่บรรจุภาชนะอะไรเลย (ชุดควบคุม, HC)

ชุดที่ 2. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศ ไม่บรรจุภาชนะอะไรเลย (ชุดควบคุม, VC)

ชุดที่ 3. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนแบบถาด บรรจุถุง PE บาง (HT)

ชุดที่ 4. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศ บรรจุถุง PE บาง (VT)

ชุดที่ 5. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศ บรรจุถุง PE หนา (VD)

ชุดที่ 6. ผลิตภัณฑ์จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศ บรรจุถุง PP แบบสูญญากาศ (VP)

ตารางที่ 4.2.1 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นหืนของมะพร้าวแช่อบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 1 เดือน

ตัวอย่าง	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (กลิ่นหืน)				
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์
HC	6.60	6.63 ^a	5.20 ^a	3.80 ^a	5.25 ^a
VC	7.33	6.94 ^a	6.55 ^b	4.85 ^b	6.55 ^b
HT	6.60	6.75 ^a	6.70 ^b	5.00 ^b	6.75 ^b
VT	7.33	7.13 ^a	7.35 ^c	6.65 ^c	7.45 ^c
VD	7.33	7.32 ^a	7.55 ^c	6.90 ^c	8.20 ^d
VP	7.33	7.50 ^a	7.65 ^c	7.00 ^c	8.30 ^d

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 4.2.1 เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ภายใต้ภาชนะบรรจุและวิธีการบรรจุต่างๆ กัน พบว่า ในสัปดาห์แรกการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ ได้ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สัปดาห์ที่ 2 และ 3 เริ่มมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ในสัปดาห์ที่ 4 เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจนขึ้น เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยจะเห็นว่า ตัวอย่าง VP มีค่าสูงสุดรองลงมา คือ VD , VT , HT , VC และ HC ตามลำดับ แสดง

ว่าการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสูญญากาศ จะสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานที่สุด รองลงมาคือ เก็บภายใต้ถุงพลาสติกชนิด PE แบบหนา และ PE แบบบาง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ภายใต้ภาชนะบรรจุชนิดเดียวกัน ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบโดยใช้ตู้อบลมร้อนสูญญากาศ จะเก็บได้นานกว่าผลิตภัณฑ์ที่อบโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด

ตารางที่ 4.2.2 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบโดยรวมของมะพร้าวแช่ อิ่มอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 1 เดือน

ตัวอย่าง	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ความชอบโดยรวม)				
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์
HC	6.20	4.38 ^b	5.60 ^a	4.10 ^a	4.90 ^a
VC	6.67	4.69 ^a	5.75 ^a	4.25 ^a	4.90 ^a
HT	6.20	5.00 ^a	7.15 ^b	4.30 ^a	5.00 ^a
VT	6.67	5.69 ^a	7.05 ^b	5.70 ^b	6.40 ^b
VD	6.67	5.88 ^a	7.20 ^b	5.75 ^b	6.65 ^b
VP	6.67	5.75 ^a	7.45 ^b	6.90 ^c	7.70 ^c

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 4.2.2 พิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวม พบว่า ในระหว่างตัวอย่างเมื่อทำการเก็บสัปดาห์ที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ตัวอย่าง VP มีค่าสูงสุดรองลงมา คือ VD , VT , HT , VC และ HC ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทดสอบมีความชอบในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตู้อบลมร้อนสูญญากาศ และบรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะสูญญากาศมากที่สุด เพราะผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืนน้อยที่สุด และมีลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ทำเสร็จใหม่ๆ มากที่สุด ส่วนชุดการทดลอง HC , VC และ HT ให้ค่าเฉลี่ยที่ต่ำ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมีกลิ่นหืน และลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ทำเสร็จใหม่ๆ คือ ความชื้นลดลง ผลิตภัณฑ์แห้ง แข็งกระด้าง เนื้อสัมผัสไม่นุ่ม และเหนียว ค่าเฉลี่ยของความชอบรวมจึงต่ำ

ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

จากการวิเคราะห์ทางเคมีทำโดยการวัดค่า Thiobabituric Acid Value (TBA) เพื่อวัดการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์

ตารางที่ 4.2.3 แสดงผลการทดสอบทางเคมี (ค่า TBA) ของมะพร้าวแช่อบแห้ง โดยผู้อบมร้อนแบบถาดและผู้อบมร้อนสูญญากาศ ที่เก็บรักษาในภาชนะต่างๆ 0, 4 สัปดาห์

ตัวอย่าง	ระยะเวลาเก็บรักษา	ค่าเฉลี่ย TBA
ผู้อบมร้อนแบบถาด	0 สัปดาห์	0.168 ^a
ผู้อบมร้อนสูญญากาศ	0 สัปดาห์	0.152 ^a
HC	4 สัปดาห์	0.474 ^b
VC	4 สัปดาห์	0.442 ^b
HT	4 สัปดาห์	0.281 ^c
VT	4 สัปดาห์	0.247 ^d
VD	4 สัปดาห์	0.208 ^e
VP	4 สัปดาห์	0.196 ^e

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 4.2.3 การวิเคราะห์ผลทางเคมีโดยการวัดค่า TBA (Thiobabituric Acid Value) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดระดับการเกิดกลิ่นหืนของตัวอย่าง พบว่า HC ให้ค่า TBA สูงสุดรองลงมา คือ VC , HT , VT , VD และ VP ตามลำดับ แสดงว่าตัวอย่าง HC มีความเหม็นหืนมากที่สุดรองลงมา คือ VC , HT , VT , VD และ VP ตามลำดับ การเกิดกลิ่นเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์มะพร้าวแช่อบแห้งนั้น นอกจากจะเกิดจากกรรมวิธีการผลิตต่างกันแล้ว (ผู้อบมร้อนแบบถาดจะเกิดกลิ่นหืนมากกว่าผู้อบมร้อนสูญญากาศ) การบรรจุที่แตกต่างกันยังมีผลทำให้การเกิดกลิ่นหืนต่างกันด้วย เพราะมะพร้าวแช่อบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูง ถ้าสัมผัสกับอากาศจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ผลิตภัณฑ์จึงเกิดกลิ่นเหม็นหืน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านผู้อบมร้อนสูญญากาศและบรรจุถุงพลาสติกแบบ PP ในระบบสูญญากาศ จึงเกิดกลิ่นหืนน้อยที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งมะพร้าวแช่อบ โดยใช้อุณหภูมิร้อนสูญญากาศ จากการศึกษหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งมะพร้าวแช่อบ โดยใช้อุณหภูมิร้อนสูญญากาศ ได้โดยสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง คือ

อุณหภูมิในการอบแห้ง	55 องศาเซลเซียส
เวลาในการอบแห้ง	3 ชั่วโมง
ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นประมาณ	13 %

สภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทำมะพร้าวแช่อบแห้ง เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขาว ไม่มีสีเหลืองปน มีความชื้นพอเหมาะ ไม่แห้งหรือแฉะเกินไป และมีคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด เมื่อทดสอบผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัสที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ประเมินทางด้านกลิ่นหืนและความชอบรวม) และการวิเคราะห์ทางเคมี (TBA) สรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งภายใต้สภาวะสูญญากาศ จะสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งภายใต้ใช้อุณหภูมิร้อนแบบภาค

นอกจากนี้ ภาชนะบรรจุและวิธีการบรรจุ ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ด้วย จากการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีการบรรจุถุงพลาสติก PP แบบสูญญากาศ (Vacuum packaging) จะเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้นานที่สุด (นานกว่า 1 เดือน) ถุงพลาสติก PE แบบหนา จะเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการบรรจุถุงพลาสติก PE แบบบางที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2541 .เอกสารประกอบการสอนวิชาผักและผลไม้, ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , คณะเทคโนโลยีการเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีลาดกระบัง .311 น.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2541 . ปฏิบัติการวิชาผักและผลไม้ , ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , คณะเทคโนโลยีการเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีลาดกระบัง .311 น.

กุลยา เอื้อกมลชาญ และ ศรีวิไล แซ่ฮู่. 2540 . ผลของไมโครวาทต์ต่อการอบแห้งของถั่วฝักยาว . ปัญหาพิเศษ , ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีลาดกระบัง .56 น.

วสวัตติ แก้วอังกาสาร , องอาจ อริศมกุลชัย และ อุไรวรรณ นิมมาต . 2540 . การศึกษาเบื้องต้นของอายุการเก็บรักษาของข้าวกล้องในถุงพลาสติก . ปัญหาพิเศษ , ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีลาดกระบัง . 87 น.

ว่าที่ รต.แสนพล ฉันทมธุรส .2532 . ผลของตัวแปรบางชนิดที่มีผลต่อคุณภาพของมะขามในระหว่างการเก็บรักษาและการทำแห้งภายใต้สุญญากาศ . วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .กรุงเทพ. 255 น.

วิชชุดา วรกุล . 2531 . การแปรรูปมะพร้าวอบแห้ง . วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .กรุงเทพ. 281 น.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529 . กรรมวิธีการอบแห้ง . คณะอุตสาหกรรมเกษตร . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพ . 252 น.

ภาคผนวก ก.

แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของมะพร้าวแช่อิ่มอบแห้ง

ชื่อผู้ชิม _____ วันที่ทดสอบ _____

ชื่อผลิตภัณฑ์ มะพร้าวแช่อิ่มอบแห้ง

กรุณาทดสอบชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนตามระดับความชอบของท่าน กรุณาเขียนปากทุกครั้งก่อนทำการชิมตัวอย่างใหม่

ระดับคะแนน

กลิ่นหืน	ความชอบโดยรวม
1. มีกลิ่นหืนมากที่สุด	1. ไม่ชอบเลย
2. มีกลิ่นหืนมากถึงมากที่สุด	2. ไม่ชอบเลยถึงชอบเล็กน้อย
3. มีกลิ่นหืนมาก	3. ชอบเล็กน้อย
4. มีกลิ่นหืนปานกลางถึงมาก	4. ชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง
5. มีกลิ่นหืนปานกลาง	5. ชอบปานกลาง
6. มีกลิ่นหืนน้อยถึงปานกลาง	6. ชอบปานกลางถึงมาก
7. มีกลิ่นหืนน้อย	7. ชอบมาก
8. มีกลิ่นหืนน้อยมาก	8. ชอบมากถึงมากที่สุด
9. ไม่มีกลิ่นหืนเลย	9. ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง _____

คะแนนกลิ่นหืน _____

คะแนนความชอบรวม _____

ข้อเสนอแนะ _____



ภาคผนวก ข.

การทำมะพร้าวแช่หมัก

เตรียมวัตถุดิบโดยผ่ามะพร้าว แล้วแยกเนื้อออกจากกะลา
ใช้มีดแกะเนื้อเชื่อมส่วนที่เป็นสีน้ำตาลออกจากเนื้อมะพร้าว



ล้างให้สะอาด แล้วสไลด์เป็นชิ้น โดยเครื่องสไลด์
ให้มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร



แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5 % 30 นาที



ล้างให้สะอาด แล้วลวกในน้ำเดือดนาน 3 นาที
หรือจะกระทั่งเนื้อผล ไม้ไผ่ นำขึ้นแช่น้ำเย็นทันที



เตรียมน้ำเชื่อมเข้มข้น 30 องศาบริกซ์
แล้วนำมาต้มรวมกับมะพร้าว โดยใช้หม้อคุ่น



ค่อยๆ เติมน้ำตาลทรายครั้งละประมาณ 50-100 กรัม ทุกๆ 10 นาที
เติมกรดซิตริก 0.2 % และ โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1 %

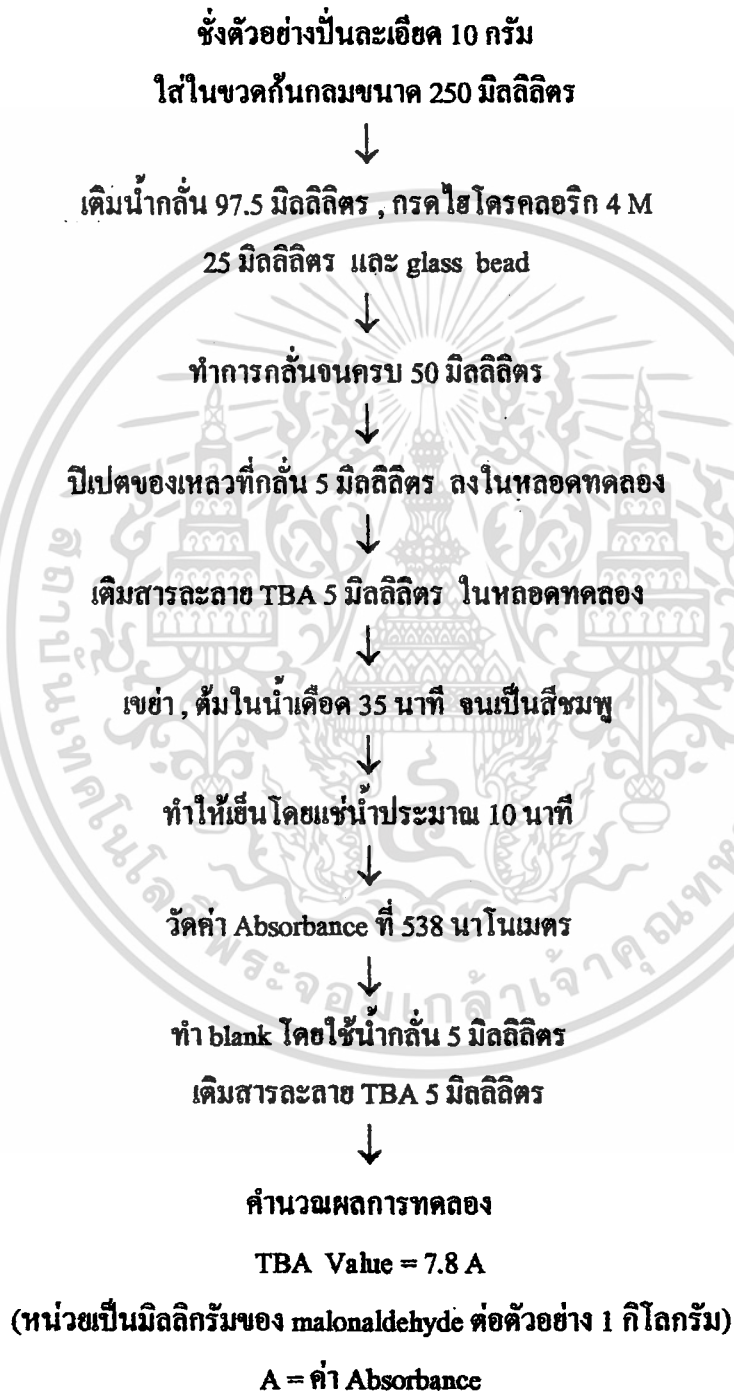


เติมน้ำตาลเรื่อยๆ จนกระทั่งน้ำเชื่อมมีความเข้มข้น 70 องศาบริกซ์



ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเทใส่ขวดโหลแก้ว ตั้งทิ้งไว้ให้เข้าสู่สมดุล 1 คืน

ภาคผนวก ค.

การหาปริมาณ Thiobabituric Acid Value (TBA) (AOAC, 1990)

ภาคผนวก ง.

ข้อมูลการวิเคราะห์

ตารางผนวกที่ 1.1 แสดงผลการคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นหืนของมะพร้าวแช่
 อิ่มอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 0 สัปดาห์

ผู้ชม	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้านกลิ่นหืน)	
	ผู้อบลมร้อนแบบถาด	ผู้อบลมร้อนสูญญากาศ
1	4	7
2	7	9
3	8	9
4	7	8
5	6	8
6	3	8
7	9	8
8	8	9
9	8	7
10	7	8
11	7	7
12	9	4
13	3	6
14	4	3
15	9	9
ค่าเฉลี่ย	6.60	7.33

ตารางผนวกที่ 1.2 แสดงผลการคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบโดยรวมของ
มะพร้าวแช่อิ่มอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 0 สัปดาห์

ผู้ชิม	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้านความชอบรวม)	
	ผู้ชอบร้อนแบบถาด	ผู้ชอบร้อนสูญญากาศ
1	7	8
2	7	7
3	8	7
4	7	8
5	6	5
6	4	6
7	6	6
8	9	8
9	4	6
10	7	8
11	6	7
12	7	4
13	4	6
14	4	6
15	7	8
ค่าเฉลี่ย	6.20	6.67

ตารางผนวกที่ 1.3 แสดงผลการคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นหืนของมะพร้าวแช่
 อิ่มอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 1 ปีคาค้า

ผู้ชิม	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้านกลิ่นหืน)					
	HC	VC	HT	VT	VD	VP
1	7	5	7	7	8	7
2	4	7	5	7	6	8
3	9	8	9	8	9	9
4	8	7	5	7	7	8
5	8	8	8	9	9	8
6	3	5	5	6	7	6
7	9	8	5	7	9	9
8	4	8	7	9	8	7
9	1	5	5	6	7	8
10	9	7	9	7	9	7
11	9	8	7	6	7	8
12	7	7	6	3	5	6
13	9	9	9	9	9	8
14	6	7	6	7	5	7
15	9	9	8	8	7	7
16	4	3	7	8	5	7
ค่าเฉลี่ย	6.63	6.94	6.75	7.13	7.32	7.5

ตารางผนวกที่ 1.4 แสดงผลการคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบโดยรวมของ
มะพร้าวแช่อิ่มอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 1 สัปดาห์

ผู้ชิม	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้านความชอบโดยรวม)					
	HC	VC	HT	VT	VD	VP
1	7	5	6	7	8	7
2	2	8	5	8	5	8
3	6	7	6	8	7	6
4	4	5	5	6	5	7
5	3	4	6	7	7	7
6	2	4	4	5	6	5
7	8	5	2	7	9	5
8	3	4	5	8	7	9
9	2	2	4	3	6	5
10	5	4	4	4	4	4
11	5	4	3	2	3	4
12	2	2	7	4	8	4
13	3	3	6	3	5	2
14	7	7	5	7	5	8
15	6	8	7	6	5	4
16	5	3	5	6	4	7
ค่าเฉลี่ย	4.38	4.69	5.00	5.69	5.88	5.75

**ตารางผนวกที่ 1.5 แสดงผลการคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นหื่นของมะพร้าวแช่
อิมบอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 2 สัปดาห์**

ผู้ชิม	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้านกลิ่นหื่น)					
	HC	VC	HT	VT	VD	VP
1	8	8	8	7	8	8
2	3	5	5	7	9	7
3	3	7	7	9	9	5
4	5	6	7	8	9	9
5	4	6	6	7	7	7
6	8	8	8	9	9	9
7	7	8	7	8	8	9
8	4	6	7	7	7	7
9	7	7	8	8	7	7
10	3	7	7	8	7	7
11	7	7	7	7	7	7
12	6	7	7	7	6	7
13	5	7	6	8	7	8
14	5	6	7	7	6	8
15	4	4	5	7	7	8
16	3	5	6	5	7	7
17	8	8	9	9	9	9
18	5	7	6	6	8	8
19	3	5	4	5	6	8
20	6	7	7	8	8	8
ค่าเฉลี่ย	5.20	6.55	6.70	7.35	7.55	7.65

ตารางผนวกที่ 1.6 แสดงผลการคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบโดยรวมของ
มะพร้าวเชื่อมอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 2 สัปดาห์

ผู้ชิม	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้านความชอบโดยรวม)					
	HC	VC	HT	VT	VD	VP
1	5	6	7	7	6	7
2	6	5	7	8	7	8
3	6	6	8	8	7	8
4	6	7	7	8	8	7
5	7	7	8	8	8	8
6	5	6	6	7	7	7
7	7	7	7	7	8	7
8	6	5	6	6	6	7
9	6	5	7	6	6	7
10	5	4	6	5	5	6
11	6	6	7	7	8	7
12	6	7	7	6	7	8
13	5	6	8	7	8	8
14	5	5	7	6	6	6
15	4	5	8	8	9	9
16	3	5	7	8	8	8
17	6	6	7	7	7	7
18	7	6	8	9	9	9
19	5	6	8	7	8	8
20	6	5	7	6	6	7
ค่าเฉลี่ย	5.60	5.75	7.15	7.05	7.20	7.45

**ตารางผนวกที่ 1.7 แสดงผลการคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นหื่นของมะพร้าวแช่
อิมบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 3 สัปดาห์**

ผู้ชิม	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้านกลิ่นหื่น)					
	HC	VC	HT	VT	VD	VP
1	3	4	4	5	6	6
2	3	4	5	6	7	8
3	4	6	5	8	7	6
4	3	5	5	7	7	7
5	5	5	5	6	8	8
6	3	4	6	6	5	6
7	3	4	4	8	6	6
8	4	5	8	6	6	6
9	3	4	3	5	4	4
10	5	6	6	8	8	8
11	6	6	7	6	7	8
12	3	5	5	8	7	6
13	4	5	7	7	7	7
14	3	7	5	6	8	9
15	4	5	6	9	8	8
16	7	5	3	7	7	7
17	3	4	4	6	6	7
18	4	4	3	6	7	8
19	3	4	5	8	8	7
20	3	5	4	5	8	8
ค่าเฉลี่ย	3.80	4.85	5.00	6.65	6.90	7.00

ตารางผนวกที่ 1.8 แสดงผลการคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบโดยรวมของ
มะพร้าวแช่อิ่มอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 3 สัปดาห์

ผู้ชิม	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้านความชอบโดยรวม)					
	HC	VC	HT	VT	VD	VP
1	3	4	3	5	6	7
2	4	3	4	6	5	8
3	3	4	4	5	4	6
4	4	3	4	4	4	7
5	5	5	4	6	6	5
6	3	4	4	6	7	8
7	7	6	7	8	7	8
8	6	5	5	8	8	8
9	7	8	7	6	6	7
10	3	4	4	5	6	6
11	3	4	3	5	5	6
12	4	4	3	5	5	6
13	4	4	3	4	5	6
14	3	4	4	5	5	6
15	5	4	5	6	6	7
16	3	4	5	6	7	8
17	5	3	5	6	6	8
18	3	4	3	5	4	7
19	4	3	5	6	7	7
20	3	5	4	7	6	7
ค่าเฉลี่ย	4.10	4.25	4.30	5.70	5.75	6.90

ตารางผนวกที่ 1.9 แสดงผลการคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นหืนของมะพร้าวแช่
 อิ่มอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 4 สัปดาห์

ผู้ชิม	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้านกลิ่นหืน)					
	HC	VC	HT	VT	VD	VP
1	6	8	8	8	8	9
2	5	7	8	8	8	8
3	4	5	6	7	9	9
4	7	8	8	8	9	9
5	6	7	7	8	9	8
6	5	7	8	8	8	8
7	5	5	5	5	7	8
8	6	7	7	7	8	7
9	7	7	8	8	8	8
10	4	5	4	6	8	9
11	7	8	8	8	8	9
12	3	4	4	6	8	9
13	6	8	8	8	7	8
14	5	6	6	7	8	8
15	3	5	5	7	8	8
16	5	7	7	8	8	8
17	5	6	7	8	9	9
18	4	6	7	8	9	9
19	5	7	7	8	9	8
20	7	8	7	8	8	7
ค่าเฉลี่ย	5.25	6.55	6.75	7.45	8.20	8.30

ตารางผนวกที่ 1.10 แสดงผลการคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบโดยรวมของ
มะพร้าวเชื่อมอบแห้ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 4 สัปดาห์

ผู้รับ	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้านความชอบโดยรวม)					
	HC	VC	HT	VT	VD	VP
1	5	6	6	7	7	8
2	5	6	6	7	7	8
3	6	4	4	4	9	8
4	7	6	8	8	7	8
5	5	8	5	7	7	8
6	2	3	3	6	5	7
7	3	2	2	4	6	8
8	3	2	4	7	6	8
9	8	8	8	9	9	9
10	3	3	3	6	6	7
11	5	5	4	5	6	7
12	5	5	5	6	7	8
13	6	6	7	8	7	9
14	3	2	4	4	5	6
15	3	3	3	5	5	5
16	5	4	4	6	5	7
17	6	7	8	8	8	9
18	8	7	6	7	7	8
19	7	7	7	8	8	9
20	3	4	3	6	6	7
ค่าเฉลี่ย	4.90	4.90	5.00	6.40	6.65	7.70

ตารางผนวกที่ 2.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบประสาธสัมพันธ์ด้านกลิ่น
หิ้น ของมะพร้าวแช่หมอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 สัปดาห์

	d.f.	SS.	MS.	F คำนวณ	F _{0.05}
treatment	1	4.1	4.1	1.52 ^{ns}	4.00
block	14	71.5	5.1	1.89 ^{ns}	2.48
error	14	37.4	2.7		
total	29	113			

ตารางผนวกที่ 2.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบประสาธสัมพันธ์ด้าน
ความชอบรวม ของมะพร้าวแช่หมอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 สัปดาห์

	d.f.	SS.	MS.	F คำนวณ	F _{0.05}
treatment	1	1.7	1.7	1.50 ^{ns}	4.00
block	14	40.9	2.9	2.60 [*]	2.48
error	14	14.8	1.1		
total	29	57.4			

ตารางผนวกที่ 2.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบประสาธสัมพันธ์ด้านกลิ่น
หิ้น ของมะพร้าวแช่หมอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 สัปดาห์

	d.f.	SS.	MS.	F คำนวณ	F _{0.05}
treatment	5	9.13	1.83	1.04 ^{ns}	2.35
block	15	127.00	8.47	4.81 [*]	1.77
error	75	131.88	1.76		
total	95	268.00			

ตารางผนวกที่ 2.4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบประสาทสัมผัสด้านความชอบรวม ของมะพร้าวแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 สัปดาห์

	d.f.	SS.	MS.	F คำนวณ	F _{0.05}
treatment	5	31.63	6.33	2.54 *	2.35
block	15	112.30	7.49	3.01 *	1.77
error	75	187.10	2.49		
total	95	331			

ตารางผนวกที่ 2.5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบประสาทสัมผัสด้านกลิ่น หิน ของมะพร้าวแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์

	d.f.	SS.	MS.	F คำนวณ	F _{0.05}
treatment	5	84.6	4.45	5.20 *	2.30
block	19	97.3	19.45	22.90 *	1.63
error	95	81.1	0.85		
total	119	263			

ตารางผนวกที่ 2.6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบประสาทสัมผัสด้านความชอบรวม ของมะพร้าวแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์

	d.f.	SS.	MS.	F คำนวณ	F _{0.05}
treatment	5	65.0	13.0	27.6 *	2.30
block	19	49.2	25.9	55.1 *	1.63
error	95	45.0	0.47		
total	119	159.2			

ตารางผนวกที่ 2.7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบประสาธสัมพัสด้านกลิ่น
หิ้น ของมะพร้าวแช่หมอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์

	d.f.	SS.	MS.	F คำนวณ	F _{0.05}
treatment	5	177.1	35.42	36.52 *	2.30
block	19	62.53	3.29	3.39 *	1.63
error	95	91.57	0.97		
total	119	331.2			

ตารางผนวกที่ 2.8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบประสาธสัมพัสด้าน
ความชอบรวม ของมะพร้าวแช่หมอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์

	d.f.	SS.	MS.	F คำนวณ	F _{0.05}
treatment	5	127.2	25.44	42.4 *	2.30
block	19	90.7	4.77	7.95 *	1.63
error	95	56.8	0.60		
total	119	274.7			

ตารางผนวกที่ 2.9 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบประสาธสัมพัสด้านกลิ่น
หิ้น ของมะพร้าวแช่หมอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์

	d.f.	SS.	MS.	F คำนวณ	F _{0.05}
treatment	5	132.4	26.48	40.12 *	2.30
block	19	59.87	3.15	8.53 *	1.63
error	95	62.93	0.66		
total	119	255.2			

ตารางผนวกที่ 2.10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบประสาธสัมพันธ์ด้านความชอบรวม ของมะพร้าวเชื่อมอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์

	d.f.	SS.	MS.	F คำนวณ	F _{0.05}
treatment	5	137.2	27.44	34.30 *	2.30
block	19	219.5	11.55	14.44 *	1.63
error	95	75.6	0.80		
total	119	432.3			



ภาคผนวก จ.



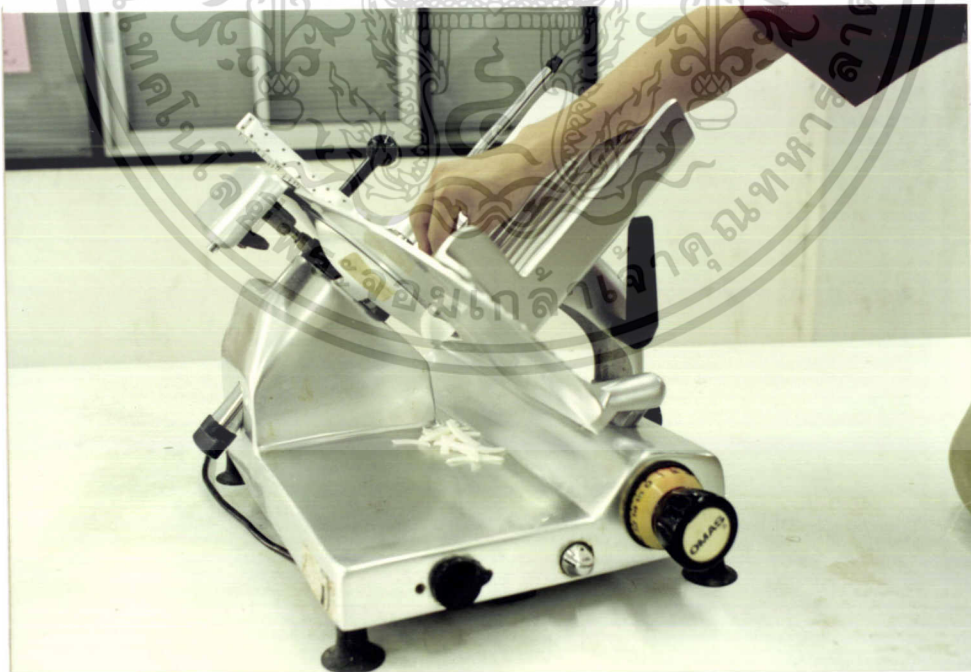
มะพร้าวอ่อน



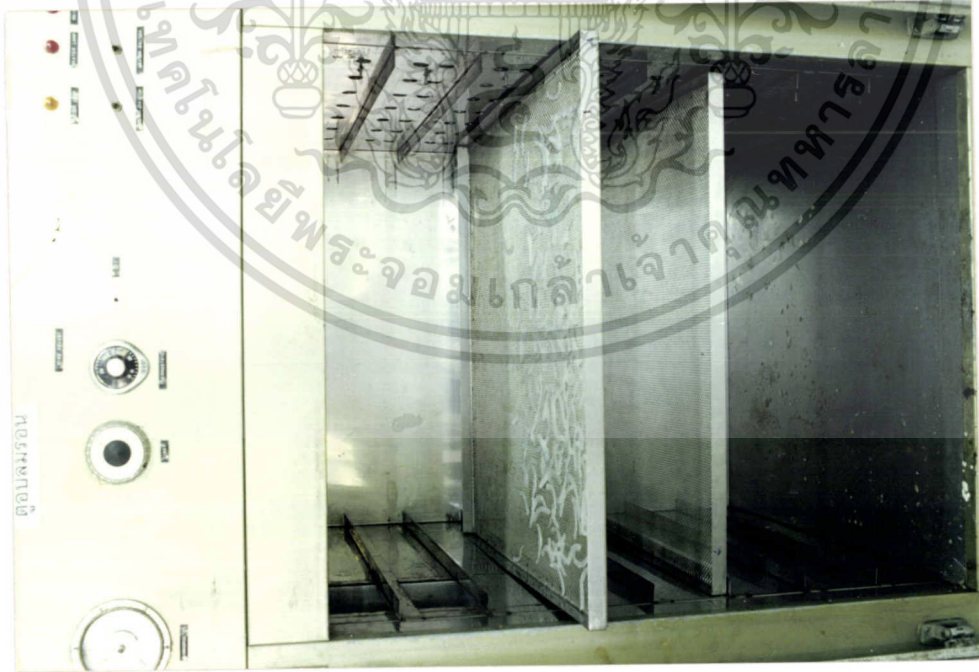
มะพร้าวที่นึ่ง



มะพร้าวแก่



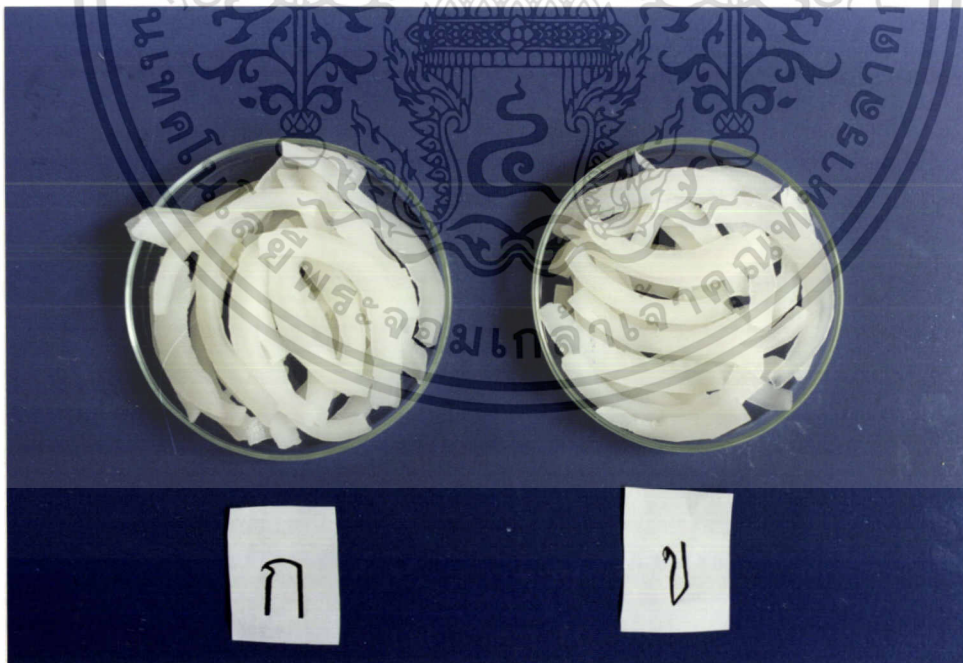
เครื่องสไลด์มะพร้าว



ตู้อบลมร้อนแบบถาด



ตู้อบสูญญากาศ



ผลิตภัณฑ์มะพร้าวอบแห้งแช่เย็น
ที่ได้จากตู้อบสูญญากาศ (ก,ข)

