การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบจากน้ำตาลสด

DEVELOPMENT OF CRISPY JELLY PRODUCT FROM FRESH COCONUT SYRUP

อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

INTHEEMA HIRAN-AKKHARAWONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2557

การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบจากน้ำตาลสด

DEVELOPMENT OF CRISPY JELLY PRODUCT FROM FRESH COCONUT SYRUP

อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

INTHEEMA HIRAN-AKKHARAWONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบจากน้ำตาลสด
ชื่อ สกุล อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์
ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ คหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

น้ำตาลสดได้จากจั่นมะพร้าว มีรสหวานและกลิ่นรสเฉพาะตัว มีอายุการเก็บรักษาสั้น นิยมนำมาแปรรูปเป็นน้ำตาลปึก การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลสดเป็นการเพิ่มมูลค่าของน้ำตาลสด โดยศึกษากระบวนการผลิตวุ้นกรอบจากน้ำตาลมะพร้าวโดยทำการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมเป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำมาผลิตวุ้นกรอบ ได้สูตรที่มี น้ำตาลทราย 42.11 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 56.14 เปอร์เซ็นต์ และผงวุ้น 1.75 เปอร์เซ็นต์ นำสูตรพื้นฐานมาปรับปริมาณน้ำและของแข็งที่ละลายน้ำด้วยการคำนวณ จากนั้นศึกษาปริมาณน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทราย เวลาในการให้ความร้อนและอุณหภูมิการทำแห้งที่เหมาะสม พบว่าอัตราส่วนของน้ำตาลทรายและเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของส่วนผสมสูงขึ้นเป็นผลทำให้วุ้นกรอบมีปริมาณเกล็ดน้ำตาลบริเวณผิวหน้ามากขึ้น และมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ วุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายเท่ากับ 1 : 0.6 และ 1 : 0.8 วุ้นกรอบที่เวลาในการให้ความร้อนเท่ากับ 5 นาที การทำแห้งวุ้นกรอบที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็นผลทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลง และมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสให้ลักษณะของวุ้นกรอบที่ดี และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุด เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาวุ้นกรอบในกล่องพลาสติกปิดสนิทเป็นเวลาอย่างน้อย 8 สัปดาห์ พบว่าสภาวะดังกล่าวช่วยรักษาคุณภาพของวุ้นกรอบจากน้ำตาลสดได้

คำสำคัญ : การพัฒนาผลิตภัณฑ์ วุ้นกรอบ น้ำตาลสด

Thesis title Development of Crispy Jelly Product from Fresh Coconut Syrup

Author Intheema Hiran-akkharawong

Degree Master of Home Economics

Major program Home Economics

Academic Year 2014

ABSTRACT

Fresh coconut syrup is a product from coconut spadix which has unique sweet taste and odor. Due to its short storage life, it is usually processed into palm sugar. Development of new product from fresh coconut syrup would add more value by using it to produce crispy jelly. A suitable formula selected as a basic formula used 42.11 percent of refined sugar, 56.14 percent of water, and 1.75 percent of jelly powder. The basic formula was adjusted by calculating amount of water and soluble solids. Then, a study was conducted to determine suitable amount of refined sugar, heating period, and drying temperature. It was found that a higher ratio of refined sugar and heating period led to increased concentration level of the mixture. As a result, the crispy jelly had higher amount of sugar chips on the jelly's surface and higher level of hardness. The highest score given by testers was for crispy jelly which used a ratio of fresh coconut syrup and refined sugar at 1:0.6 and 1:0.8 heating period of 5 minutes. Drying crispy jelly at higher temperature resulted in decreased drying period and higher degree of hardness. Drying at 70 degree Celcius produced crispy jelly with good quality which received the highest likeness score from testers. A study that kept crispy jelly in plastic box for at least 8 weeks showed that the tested condition could effectively maintain good quality of the crispy jelly.

Keywords: Development, Crispy Jelly, Fresh Coconut Syrup

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรุณาให้ความรู้ ข้อคิด และคำแนะนำอันมีค่าและเป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ เจริญชัย และ ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก่ข้าพเจ้า ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑามาศ พีรพัชระ ผู้ช่วยอธิการบดี ที่ให้ความกรุณาช่วยกลั่นกรองวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีคุณค่ามากขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้ามีโอกาสประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณ คุณนงนุช และคุณสมชาย สุขทวี ที่ให้ความเอื้อเฟื้อวัตถุดิบน้ำตาลมะพร้าวตลอดการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณบุคลากรของสถาบันวิจัยและพัฒนาทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบถาม และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ ครูบาอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมไว้แต่เพียงผู้เดียว

อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(ก)
Abstract		(ข)
กิตติกรรมประกาศ		(ค)
สารบัญ		(ง)
สารบัญตาราง		(ฉ)
สารบัญภาพ		(ช)
สารบัญแผนภาพ		(ซ)
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
	1.4 กรอบแนวความคิด	2
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	1.6 นิยามศัพท์	2
	1.7 คำสำคัญ	2
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 มะพร้าว	3
	2.2 น้ำตาลสด	3
	2.3 องค์ประกอบทางเคมีข้องน้ำตาลสด	5
	2.4 การใช้ประโยชน์น้ำตาลสด	5
	2.5 การเก็บน้ำตาลสด	6
	2.6 วุ้นกรอบ	7
	2.7 แป้งเท้ายายม่อม	11
	2.8 อุปกรณ์เฉพาะในการทำวุ้น	15
	2.9 กระบวนการระเหยน้ำและการทำแห้ง	16

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.10 ผลของการทำแห้งต่ออาหาร	19
	2.11 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร	27
บทที่ 3	วิธีดำเนินการ	39
	3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	39
	3.2 วิธีการทดลอง	40
	3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง	45
บทที่ 4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	46
	4.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตวุ้นกรอบจากน้ำตาลสด	46
	4.2 การคำนวณต้นทุนการผลิตวุ้นกรอบ	56
	4.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บวุ้นกรอบน้ำตาลสด	57
บทที่ 5	สรุปผล และข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง		59
ภาคผนวก		64
	ภาคผนวก ก ขั้นตอนการทำวุ้นกรอบ	65
	ภาคผนวก ข การคำนวณความหวานของน้ำตาลสด	69
	ภาคผนวก ค มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ลอนตาลกรอบ (มผช.1221/2549) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง (มผช.1471/2550) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมไทย (มผช.1531/2552)	71
	ภาคผนวก ง แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	88
ประวัติการศึกษาและการทำงาน		89

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางอาหารของน้ำตาลสด (Nutritive Value of Coconut Sap)	4
2.2	คุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลสดอายุการเก็บเกี่ยว 12 ชั่วโมง ที่ใส่เปลือกไม้พยอมและไม่ใส่เปลือกไม้พยอม	5
2.3	การสูญเสียวิตามินบางชนิดระหว่างการทำให้น้ำนมเข้มข้น	17
2.4	อัตราส่วนของผักและผลไม้บางชนิดภายหลังการทำแห้ง การหดตัวและการคืนตัว	20
2.5	แสดงค่า bulk density และเปอร์เซ็นความชื้นของอาหารผงบางชนิด	21
2.6	ข้อแตกต่างระหว่างการทำแห้งแบบธรรมดา และวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	25
2.7	หน่วยของความดันไอน้ำในอาหารแช่เยือกแข็ง	26
3.1	สูตรพื้นฐานการผลิตวุ้นกรอบ	41
4.1	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบสูตรพื้นฐาน	47
4.2	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและความชื้นของวุ้นกรอบ	48
4.3	ลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายที่ระดับต่างๆ	49
4.4	คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายที่ระดับต่างๆ	50
4.5	ปริมาณน้ำของวุ้นก่อนและหลังทำแห้ง เมื่อใช้เวลาในการให้ความร้อนต่างกัน	51
4.6	ลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้นกรอบที่ใช้เวลาในการให้ความร้อนที่ต่างกัน	52
4.7	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบที่ใช้เวลาในการให้ความร้อนที่ต่างกัน	53
4.8	ลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้นกรอบที่ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน	55
4.9	คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบที่ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน	55
4.10	ราคาของวัตถุดิบในการผลิตวุ้นกรอบ 1 กิโลกรัม	56
4.11	จำนวนจุลินทรีย์วุ้นกรอบน้ำตาลสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	57

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชิ้นอาหารระหว่างการทำแห้ง	18
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการทำแห้งและความชื้นในอาหาร	19
2.3	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์	28
2.4	ปฏิกิริยาของออร์โท-ควิโนน	28
2.5	ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล	30
2.6	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์	32
4.1	ลักษณะของวุ้นกรอบสูตรพื้นฐาน	46
4.2	วุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลทรายที่ต่างกัน	48
4.3	วุ้นกรอบที่มีระยะเวลาในการให้ความร้อนที่ต่างกัน	51
4.4	วุ้นกรอบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิที่ต่างกัน	54
4.5	ความสัมพันธ์ของน้ำหนักและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งวุ้นกรอบ	54

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
2.1	ขั้นตอนการทำน้ำตาลมะพร้าว	7
2.2	ขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์	38
3.1	กรรมวิธีการผลิตวุ้นกรอบน้ำตาลสด	41
3.2	กรรมวิธีการผลิตวุ้นกรอบสูตรพื้นฐาน	42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วุ้นกรอบ เป็นอาหารที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมซื้อเป็นของฝาก หรือรับประทานเป็นอาหารว่าง วุ้นกรอบมีลักษณะเป็นรูปทรงต่างๆ เช่น ก้อนสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือตามแบบพิมพ์ที่ใช้ ผิวด้านนอกมีเกล็ดน้ำตาลเคลือบ มีสีสันสวยงาม และมีกลิ่นหอม วุ้นกรอบเป็นอาหารที่รับประทานง่าย จึงเหมาะกับทุกเพศทุกวัย ส่วนผสมของวุ้นกรอบทำจากผงวุ้น และน้ำตาลทรายเป็นส่วนใหญ่ (นิธิพลและพรรณอร, 2552)

น้ำตาลที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวานส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลทรายที่ผลิตจากอ้อย ซึ่งมีขั้นตอนและกระบวนการผลิตที่ยุ่งยากและต้นทุนในการผลิตสูง (ศิริโภคนันท์, 2553) ส่งผลให้น้ำตาลทรายในปัจจุบันมีราคาสูงขึ้น น้ำตาลสดเป็นน้ำตาลอีกชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ในการผลิตอาหารได้ เป็นผลิตผลที่ได้มาจากจั่นของมะพร้าว มีรสชาติหวาน และมีกลิ่นหอมที่มีลักษณะเฉพาะตัว เหมาะสำหรับการนำไปประกอบอาหารคาวและอาหารหวาน หรือนำไปบริโภคสด น้ำตาลสดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นชื่อในจังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งการผลิตน้ำตาลสดเป็นอาชีพดั้งเดิมของบรรพบุรุษ และทำให้เกิดรายได้กับครอบครัว แต่เนื่องจากปัจจุบันการปลูกมะพร้าวเพื่อนำมาทำเป็นน้ำตาลมะพร้าวลดลง (วรลักษณ์, 2554) และจากราคาที่ผันผวนไม่แน่นอน ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกผลิตน้ำตาลมะพร้าวหาวิธีลดความเสี่ยงโดยมีความพยายามนำน้ำตาลมะพร้าวที่ผลิตได้ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม (สุรินทร์, 2553)

เพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม และพัฒนาการแปรรูปน้ำตาลสดในรูปแบบที่หลากหลาย จึงทำการศึกษา การใช้น้ำตาลสด ในผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบ โดยใช้น้ำตาลสดที่ได้จากจั่นของมะพร้าว ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้วนำมาทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบ โดยไม่ใส่สีและกลิ่น เพื่อเป็นต้นแบบในการแปรรูปน้ำตาลสดเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตวุ้นกรอบจากน้ำตาลสด

1.2.2 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาวุ้นกรอบน้ำตาลสด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

น้ำตาลสดที่นำมาศึกษา คือน้ำตาลที่ได้มาจากน้ำตาลสด (จั่นมะพร้าว) และนำมาต้มให้ความร้อนจนเดือดเป็นเวลา 15 นาที และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำให้มีค่าเท่ากับ 20 °Brix

1.4 กรอบแนวความคิด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นกรอบจากน้ำตาลสด

1.5.2 ได้ผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบที่พัฒนามาจากน้ำตาลสด

1.5.3 ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่แปรรูปน้ำตาลสด

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 วุ้น หมายถึง ของเหนียวที่แข็งตัวมีลักษณะใสทึบ นุ่มและนิ่ม

1.6.2 น้ำตาลสด หมายถึง น้ำหวานที่ได้จากช่อดอกของต้นมะพร้าว นำไปกรอง และผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อ เช่น การผ่านความร้อน

1.6.3 น้ำตาลทรายขาวละเอียด หมายถึง สารที่ช่วยให้เกิดความหวานทำมาจากอ้อยผ่านกระบวนการฟอกสี มีผลึกสีขาวละเอียด รสหวาน

1.7 คำสำคัญ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ วุ้นกรอบ น้ำตาลสด

Development, crispy jelly, fresh coconut syrup

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชจำพวกปาล์ม เป็นพืชในวงศ์เดียวกับหมากและ ตาล เป็นพืชที่มีลำต้นกลมตรง สูงได้ถึง 30 เมตร ใบเป็นใบประกอบขนาดใหญ่เรียก ‘ทาง’ ประกอบด้วยใบย่อยจำนวนมาก ใบอยู่รวมกันบริเวณปลายยอด ดอกออกเป็นช่อขนาดใหญ่ มีกาบหรือใบประดับหุ้มอยู่มิด เมื่อดอกบานกาบนี้จะหลุดออก ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในก้านช่อดอกย่อยอันเดียวกัน ดอกตัวเมียมีขนาดใหญ่กว่า มีจำนวนน้อย และอยู่ตอนโคนก้าน ดอกย่อย ส่วนดอกตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าและมีจำนวนมากกว่าดอกตัวเมีย ดอกตัวผู้จะอยู่ต่อจากดอกตัวเมียไปทางปลายของก้านช่อดอกย่อย ดอกมีสีเหลืองอมขาว เมื่อดอกตัวผู้บานจะมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ช่อดอกมะพร้าวเรียกว่า ‘งวง’ หรือ ‘จั่น’ เมื่อติดผลเรียกว่า ‘ทะลาย’ ผลมีขนาดใหญ่ รูปเกือบกลม เมื่ออ่อนเปลือกผลมีสีเขียว ผลมะพร้าวแก่แต่ยังไม่แก่จัดเรียกว่า มะพร้าวทึนทึก เปลือกผลจะมีสีเขียวอมน้ำตาล เนื้อในแข็ง กะลามีสีเนื้อแก่ ส่วนมะพร้าวที่แก่จัดเรียกว่า มะพร้าวห้าว ผิวของผลจะเป็นสีน้ำตาลและแข็ง กะลามีสีน้ำตาลดำ http://www.thaikasetsart.com/tag/มะพร้าว/ (สืบค้น เมื่อวันที่ 10 เมษายน 2557)

2.2 น้ำตาลสด

น้ำตาลสดและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำตาลสด มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อพื้นที่จังหวัดสมุทรสงคราม และพื้นที่บางส่วนของจังหวัดราชบุรี เป็นสินค้าส่งออกกระจายไปทั่วประเทศ และทำรายได้อย่างสำคัญให้กับเกษตรชาวสวนมะพร้าว นอกเหนือไปจากอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว อาหารทะเลและผลิตภัณฑ์อาหารทะเล ฯลฯ นอกจากนี้น้ำตาลมะพร้าว และผลิตภัณฑ์มะพร้าวยังมีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตของประชากรในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดราชบุรี คู่แข่งสำคัญของน้ำตาลมะพร้าวคือน้ำตาลจากอ้อยและน้ำตาลจากตาลโตนด โดยเฉพาะน้ำตาลจากอ้อยที่มีตลาดกว้างและราคาที่ถูกกว่า แต่ประสบปัญหาเรื่องกลิ่นและรส ของน้ำตาลซึ่งด้อยกว่าน้ำตาลมะพร้าว โดยเฉพาะความเหมาะสมกับธรรมชาติเฉพาะของอาหารหวานบางชนิด

การแปรรูปน้ำตาลสดเป็นน้ำตาลมะพร้าวด้วยความร้อน ถือเป็นการเก็บถนอมอาหารวิธีหนึ่ง แต่การผลิตน้ำตาลมะพร้าวต้องใช้เวลา แรงงานและพลังงานความร้อนค่อนข้างมาก อีกทั้งยังมี

ความยุ่งยาก ในการรักษามาตรฐานการผลิต ขณะเดียวกัน ถ้าไม่แปรรูปน้ำตาลสด จะใช้น้ำตาลสดเพื่อการบริโภคหรือจำหน่ายโดยตรง แต่ประสบปัญหาสำคัญคือบางช่วงฤดู ผลิตภัณฑ์อาจไม่ได้คุณภาพ (ความหวานและกลิ่นไม่เป็น ที่ต้องการของผู้บริโภคเท่าที่ควร) และบ่อยครั้งเกิดสภาวะล้นตลาด การเก็บรักษาน้ำตาลสดค่อนข้างยุ่งยากเพราะเกิดการบูดเน่าได้ง่าย (กรณีไม่เติมสารเคมีกันบูดซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค) เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ถ้ากำจัดของเสียไม่ถูกต้อง นอกจากนี้การเก็บรักษาด้วยการกรองและต้มเพื่อยืดระยะเวลาในการเก็บถนอมอาหารที่ใช้กันโดยทั่วไป ผลเสียคือความร้อนทำให้กลิ่นและรสชาติของน้ำตาลสดเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ไม่สามารถรักษาสมบัติตามธรรมชาติของน้ำตาลสดไว้ได้ แต่ปัญหาคือกลิ่นและรสของน้ำตาลสด ผู้บริโภคบางส่วน ไม่ยอมรับกลิ่นและรสตามธรรมชาติ โดยมีคุณค่าทางอาหารของน้ำตาลสดดังตารางที่ 2.1 สอดคล้องกับ พระมาโนชญ์ (2548) ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของเกษตรกรชาวสวนผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าว : กรณีศึกษาชาวสวนในเขตตำบลเหมืองใหม่ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม พบว่าปัญหาและอุปสรรคในการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรชาวสวนผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าว มีปัญหาด้านค่านิยมในการส่งเสริมให้บุตรหลานได้รับการศึกษาสูงขึ้น เพื่อจะได้ไม่ต้องทำสวน ซึ่งเป็นอาชีพที่เหนื่อยยาก ปัญหาการขาดการรวมตัวกันของเกษตรกร ปัญหาการขาดแคลนแรงงานภายในครัวเรือน ปัญหาการปลอมปนน้ำตาลมะพร้าว ปัญหาด้านการตลาดของผลผลิตน้ำตาลมะพร้าว และปัญหาแมลงศัตรูพืชที่ทำลายต้นมะพร้าว

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของน้ำตาลสด (Nutritive Value of Coconut Sap)

Composition	Value	Composition	Value
Water	87.50 g.	Phosphorus	20.00 mg / 100 g
Calories	48.00 g.	Iron	0.18 mg / 100 g
Proteins	0.22 g.	Thiamine	0.016 mg / 100 g
Fats	0.40 g.	Riboflavin	0.006 mg / 100 g
Carbohydrates	11.40 g.	Niacin	0.48 mg / 100 g
Calcium	0.4 mg / 100 g	Ascorbic acid	20.6 mg / 100 g

ที่มา : รสิตา (2548)

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลสด

การพิจารณาองค์ประกอบของน้ำตาลสดจากมะพร้าว ต้องมีการแยกความแตกต่างระหว่าง sweet toddy และ toddy ออกจากกัน โดย sweet toddy หมายถึง น้ำตาลสดที่สดจริงๆ ยังไม่มีการบูดเกิดขึ้น ส่วน toddy หมายถึง น้ำตาลสดที่มีการบูดเกิดขึ้นไปแล้วในสภาพต่างๆ กัน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลสดอายุการเก็บเกี่ยว 12 ชั่วโมง ที่ใส่เปลือกไม้พะยอมและไม่ใส่เปลือกไม้พะยอม

คุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมี	ใส่ไม้พยอม	ไม่ใส่ไม้พยอม
พีเอช	5.09	4.15
วิตามิน ซี (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	0.08	0.09
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร)	13.80	14.20
น้ำตาล (กรัม/100 มิลลิลิตร)	12.34	13.11
กรด (กรัม/100 มิลลิลิตร)	0.04	0.13
โปรตีน (กรัม/100 มิลลิลิตร)	0.37	0.32
เถ้า (กรัม/100 มิลลิลิตร)	1.04	1.00
ความชื้นร้อยละ (wet basis)	84.47	84.65

2.4 การใช้ประโยชน์น้ำตาลสด

นำน้ำหวานที่ได้จากช่อดอกของต้นตาลหรือต้นมะพร้าว นำไปกรอง และผ่านกรรมวิธีการเคี่ยวตาล ซึ่งอาจเรียกตามภาชนะที่บรรจุ เช่น หากบรรจุในปี๊บ จะเรียก น้ำตาลปี๊บ หรือหากแบ่งเป็นปึกเล็ก ครึ่งกิโลกรัม หรือ หนึ่งกิโลกรัม เรียก น้ำตาลปึก และในปัจจุบันมีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่สะดวกแก่การใช้งาน (อาลีวรรณ, 2557) สอดคล้องกับ จุฑามาศ และคณะ (2555) ได้ศึกษาการสร้างมูลค่าเพิ่มน้ำตาลมะพร้าวของชุมชนจังหวัดสมุทรสงครามเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ โดยพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร 4 รายการ คือ วุ้นกรอบ วุ้นมะพร้าวอ่อน วุ้นกะทิ และวุ้นผลไม้ ผลการวิจัยพบว่า และการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์วุ้นจากน้ำตาลมะพร้าวได้แก่ วุ้นมะพร้าวอ่อน วุ้นกะทิ และวุ้นผลไม้ พบว่าปริมาณผงวุ้นที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต คือ 1% ของส่วนผสมทั้งหมด

2.5 การเก็บน้ำตาลสด

การเก็บน้ำตาลสด นิยมปาดช่วงบ่ายถึงเย็น และเก็บน้ำตาลสดในช่วงเช้าวันรุ่งขึ้น หรืออาจเก็บในช่วงบ่ายซึ่งจะได้น้ำตาลสดที่คุณภาพรองจากน้ำตาลสดที่เก็บในช่วงเช้า ภาชนะรองรับน้ำตาลสดจากจั่นมะพร้าวเดิมใช้กระบอกไม้ไผ่รองรับ แต่ด้วยปัจจุบันหากระบอกไม้ไผ่ได้ยากขึ้น จึงปรับเปลี่ยนมาใช้กระบอกรองน้ำตาลที่ผลิตจากพลาสติกแทบทั้งหมด แต่ยังคงใส่ไม้เคี่ยมหรือไม้พยอมลงไปในกระบอกรองน้ำตาล เนื่องจากไม้ทั้งสองต่างมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำตาลสดได้ ซึ่งจะถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนการเทน้ำตาลจากกระบอกผ่านตะแกรงพลาสติกก่อนลงสู่ถังรวบรวมน้ำตาลสด http://fic.nfi.or.th (สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มกราคม 2558) สอดคล้องกับ สมเกียรติ (2552) ได้ศึกษาการพัฒนาและการผลิตสารสกัดจากไม้ผยอมในรูปแบบผงเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลสด พบว่า สารสกัดจากไม้พะยอมในรูปแบบผงสามารถยับยั้งการเจริญเชื้อ staphylococcus aureus แต่ไม่ยับยั้งการเจริญของเชื้อ Escherichia coli เมื่อเติมสารสกัดจากไม้พะยอมในรูปแบบผงในน้ำตาลสดที่ความเข้มข้น 500, 1,000 และ 1,500 ppm ตามลำดับ เป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 วัน พบว่าค่า pH ของสารละลายจะลดลงเนื่องจากจุลินทรีย์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแลกติก สารสกัดจากพะยอม 1,000 และ 1,500 ppm จะทำให้ปริมาณน้ำตาลค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 3 ส่วนสารสกัดจากพะยอมความเข้มข้น 500 ppm จะทำให้ปริมาณน้ำตาลค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 2 หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลจะลดลง ในกระบวนการเก็บน้ำตาลสดจนถึงกระบวนการแปรรูปจะใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ดังนั้นความเข้มข้นของสารสกัดจากพะยอมในรูปแบบผงที่ 500 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเติมในกระบวนการเก็บน้ำตาลสด

2.5.1 ขั้นตอนการเก็บน้ำตาลสด

ทำความสะอาดงวงตาล (จั่นมะพร้าว) และการนวดงวงตาลโดยการแกะมดแมลง
ที่เกาะงวงตาลออกและรูดดอกออกไป จะทำให้งวงมะพร้าวสะอาด
ปราศจากแมลงที่จะทำให้น้ำตาลขุ่นเหนียวได้

↓

นวดงวงตาล (จั่นมะพร้าว) ใช้น้ำตาลใสที่ไหลออกจากงวงหลังปาดมาลูบให้ทั่วงวง
เพื่อให้น้ำตาลช่วยรัดงวงให้นิ่ม หรืออาจใช้มือนวดเบา ๆ ให้ทั่วจากโคนไปปลายงวง
จะทำให้ได้น้ำตาลที่ใสสะอาดน้ำตาลที่ใสสะอาด

↓

ทำความสะอาดกระบอกรองน้ำตาลใส เพื่อให้กระบอกสะอาดไม่มีสิ่งเจือปน

↓

การปาดงวงตาล (จั่นมะพร้าว) ตอนบ่าย – เย็น โดยการปาดบาง ๆ
แล้วแขวนกระบอกเพื่อรองรับน้ำตาลใส

↓

การเก็บน้ำตาลใส จะเก็บในช่วงเก้าโมงเช้า จะทำให้ได้น้ำตาลคุณภาพดี
เพราะถ้าเก็บช้าน้ำตาลอาจเสียได้

↓

น้ำตาลสดจากมะพร้าว

แผนภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการทำน้ำตาลมะพร้าว
ที่มา : วรลักษณ์ และคณะ (2554)

2.6 วุ้นกรอบ

2.6.1 ลักษณะที่ดีของวุ้นกรอบ

วุ้นกรอบ เป็นขนมหวานชนิดหนึ่ง ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมรับประทานเป็นอาหารว่าง ลักษณะของวุ้นกรอบเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือใช้พิมพ์กดเป็นรูปทรงต่างๆ ผิวด้านนอกมีเกล็ดน้ำตาลเคลือบ มีสีสันสวยงาม และมีกลิ่นหอมของกลิ่นมะลิสังเคราะห์ วุ้นกรอบเป็นขนมที่รับประทานง่ายจึงเหมาะกับทุกเพศทุกวัย (กุลธิดา และนันทวัน, 2553) สอดคล้องกับ ธมลวรรณ และนันทกา (2554) ศึกษาเรื่อง วุ้นกรอบเสริมว่านหางจระเข้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพื้นฐานของวุ้นกรอบ พบว่าปริมาณว่านหางจระเข้ที่เสริมในวุ้นกรอบ ทั้งหมด 3 ระดับ คือ 15% 25% และ 35% ของน้ำหนักส่วนผสม

ทั้งหมด พบว่าปริมาณว่านหางจระเข้ที่เสริมลงในวุ้นกรอบที่ระดับ 15% ทำให้ได้วุ้นกรอบมีลักษณะดีที่สุดและ สอดคล้องกับ กุลธิดา และ นันทวัน (2553) ศึกษาเรื่อง วุ้นกรอบเสริมเนื้อลูกตาลสุก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานวุ้นกรอบ และเพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเนื้อลูกตาลสุกที่เสริมในวุ้นกรอบ โดยทำการคัดเลือกวุ้นกรอบ สูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร เพื่อให้ได้สูตรที่ผู้ชิมยอมรับนำมาศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเนื้อลูกตาลสุกที่เสริมในวุ้นกรอบ 3 ระดับ คือ 5% 10% และ 15% ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด สรุปได้ว่าปริมาณที่เหมาะสมของเนื้อลูกตาลสุกที่เสริมลงในวุ้นกรอบที่ระดับ 5% ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

2.6.2 **ผงวุ้น** (Agar)

ผงวุ้น เป็นกัมซึ่งสกัดมาจากสาหร่ายสีแดง (red algate) หรือสาหร่ายพวก Rhodophyceae สำหรับสปีชีส์ที่มีการนำมาสกัดกันมาก ได้แก่ Gelidium และ Gracilaria มีสูตรโครงสร้างที่ยังไม่แน่ชัด โดยประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์ อย่างน้อย 2 ชนิด คือ อการ์โลส และอกาโรแพคติน โดย อการ์โลสเป็น neutral polymer ที่มีโมเลกุลต่อกันเป็นเส้นตรงยาว ด้วยโมเลกุลของอกาโรบิโอตนี้จะประกอบไปด้วย 1, 4-linkaged 3, 6-anthdro L-galactose และ 1, 3 linkagec D-galactose ส่วนอกาโรแพกตินเป็นซัลเฟต โพลีแซคคาร์ไรด์ ที่ประกอบด้วย อการ์โลส และอัตราส่วนต่างๆ ของเอสเตอร์ซัลเฟต, กรด ดี-กลูโคโลนิก และกรดไพรูวิค

ปกติอการ์จะไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะละลายในน้ำร้อน สารละลายอการ์ร้อยละ 1.5 จะมีลักษณะใส และจะแข็งตัวที่อุณหภูมิ 32-39 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ซึ่งมีลักษณะเนื้อแข็งและยืดหยุ่นได้ดี และไม่ละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 85 องศาเซลเซียส ซึ่งการที่อการ์สามารถเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เจลละลาย ได้มากนี้เรียกว่า extreme hysteresis lag และเนื่องจากคุณสมบัติข้อดีของอการ์ ทำให้มีการใช้อการ์ ในอุตสาหกรรมอาหารกันมาก หากต้องการสารละลายที่มีอการ์อยู่ไม่เกินร้อยละ 5 นั้น สามารถทำให้ละลายได้ด้วยการใช้ความร้อน 95-100 สอดคล้องกับ ตรีชฎา (2554) ได้ศึกษาศึกษาสภาวะในการสกัดสารเพคติน ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพื่อคัดเลือกสูตรและวิธีการทำวุ้นผงจากเครือหมาน้อย พบว่าการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารเพคติน คือใช้อัตราส่วนระหว่างของแข็งกับตัวทำละลายเท่ากับ 1 ต่อ 50 ในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียล และค่าความเป็นกรดด่าง 3.8-40 เนื่องจากการจับตัวเป็นเจล หรือวุ้นมีความยืดหยุ่นดีวุ้นมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ใช้เวลาในการจับตัวเป็นวุ้น ประมาณ 20-25 นาที หากต้องการสารละลายซึ่งมีความเข้มข้นขึ้นไปอีก ทำได้โดยการให้ความร้อนแบบใช้หม้อนึ่งอัดความดัน สำหรับความหนืดของอการ์จะค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับสารสกัดจากสาหร่ายชนิดอื่นๆ ความหนืดของอการ์นี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่าง แต่ค่อนข้างจะคงตัวที่

ความเป็นกรด-ด่าง 4.5-9.0 สารละลายอการ์ที่มีความเข้มข้นต่ำ ๆ ก็สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านรูปทรงได้ คือ ร้อยละ 1-2 และจากที่ได้จากการใช้อการ์ซึ่งมีความเข้มข้นดังกล่าว จะมีลักษณะโปร่งแสง แข็งแรง ยืดหยุ่นได้ดี และละลายได้เมื่อให้ความร้อน และเกิด syneresis ได้คุณสมบัติในเรื่องเกี่ยวกับความหนืด อุณหภูมิในการเกิดเจล ความแข็งแรงของเจล องศาของการเกิด syneresis และความใสของเจล จะแตกต่างกันไปตามชนิดของสาหร่ายที่นำมาสกัด สอดคล้องกับ Wang *et al.* (2014) ได้ศึกษาเรื่องความเข้มข้นของวุ้นที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้น พบว่า ความแข็งแรงของโครงสร้างของเจลจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของวุ้นเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากสายโซ่อุปทานของวุ้นมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

การนำอการ์มาใช้ในอาหารเพื่อทำให้เกิดเจลนั้น เนื่องจากเจลของอการ์สามารถทนความร้อนได้สูง จึงนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบมาก สอดคล้องกับ (Nayar *et al.,* 2012) ความเข้มข้นของวุ้นที่ใช้จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการเกิดเจล และอุณหภูมิในการหลอมเหลว กล่าวคือ เมื่อใช้วุ้นที่ความเข้มข้นสูงขึ้น อุณหภูมิในการเกิดเจลและอุณหภูมิในการหลอมเหลวก็จะสูงขึ้นเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน chiffon, pies, filling, icings, toppings และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมหวานนั้นก็เช่นกัน ที่นิยมใช้อการ์มาก ตัวอย่างเช่น agar-jelly candies หรือ marshmallow เป็นต้น และในผลิตภัณฑ์เนื้อ และปลาจะมีการใช้อการ์เพื่อให้เนื้อ หรือปลาจับกันได้ดีขึ้น และป้องกันลักษณะที่แฉะ

สำหรับในผลิตภัณฑ์นมก็มีการใช้อการ์เป็นสารให้ความคงตัวในเชอร์เบท แต่ส่วนใหญ่จะใช้รวมกับทาร์กาแคนกัมหรือกัมชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีการใช้อการ์เพื่อใช้ในการตกตะกอนไวน์ น้ำผลไม้ และน้ำสมสายชูต่างๆ ซึ่งการใช้อการ์มีส่วนดีกว่าการใช้เจลาติน เนื่องจากการใช้เจลาติน แทนนินที่มีอยู่จะถูกกำจัดไปมากกว่า ส่วนในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ก็มีการใช้อการ์เป็นส่วนประกอบในอาหาร สำหรับผู้ที่บริโภคอาหารประเภทมังสวิรัติ และอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการแคลอรี่ต่ำๆ เนื่องจาก อการ์เป็นสารที่ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงจัดเป็นอาหารประเภทไม่ให้พลังงาน

สำหรับ Food and Drug Administration ได้จัดไว้ในประเภท GRAS และ Codex Alimentarius Commissions ได้อนุญาตให้ใช้ในอาหารไทย เนื่องจากการศึกษาทางด้านพิษวิทยาแบบ Short-term studies ไม่พบว่าอการ์มีผลต่อการเจริญเติบโตของหนูทดลองแต่อย่างไร และ อการ์นี้ปกติร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถจะดูดซึมได้ ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ในอาหารได้

ลักษณะเฉพาะของเจลที่ได้จากวุ้น คือ มีเนื้อสัมผัสเป็นแบบ hard brittle และ short texture การเซตตัวเป็นเจลของวุ้นใช้เวลาค่อนข้างนาน ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์ในการใช้งาน

โดยเฉพาะในการหยอด หรือเทเนื้อขนมที่ร้อนลงในแม่พิมพ์ ไม่ต้องระวังว่าวุ้นจะแข็งตัวก่อน (ซึ่งจะทำให้ได้เยลลี่ที่ไม่เต็มรูปตามแม่พิมพ์) แต่เนื่องจากต้องใช้น้ำในการละลายมาก จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้ โดยเฉพาะในการผลิตด้วยระบบอัตโนมัติ และทำให้มีการวิจัยไฮโดรคอลลอยด์ตัวอื่นๆ แทนวุ้น หรือใช้ร่วมกับวุ้นซึ่งพบว่าสามารถใช้โลคัสบีนกัม (locust bean gum) ร่วมกับวุ้นเพื่อเพิ่มความแข็งของเจลได้ แต่ถ้าใช้อัลจิเนต หรือแป้งร่วมกับวุ้น กลับจะทำให้เจลอ่อนตัวลง หรือการใส่แยม และเนื้อผลไม้ที่มีลักษณะเป็น puip รวมทั้งกัมอะคาเซียลงในวุ้น เพื่อช่วยให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น ลดความเป็น Short texture ลงได้ การใช้วุ้นร่วมกับเจลาตินก็น่าสนใจมาก เช่น การใช้วุ้นร้อยละ 1 ร่วมกับเจลาตินถึงร้อยละ 4 จะให้เจลที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียว มีจุดหลอมเหลวสูงประมาณ 90 องศาเซลเซียส แต่ถ้าใช้เจลาตินถึงร้อยละ 8 จะได้เจลที่มีลักษณะค่อนไปเป็นแบบ เจลาติน คือ เนื้อเจลจะอ่อนลง มีความยืดหยุ่นมากขึ้น และจุดหลอมเหลวลดลงเหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้การเติมน้ำตาลซูโครสเป็นสารที่ให้ความหวานในการผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เติมในเจลวุ้นน้ำตาลซูโครสช่วยให้วุ้นเจลของวุ้นแข็งแรงมากขึ้นเนื่องจากทำให้มีความหนาแน่นขององค์ประกอบของสายโซ่ที่มีน้ำตาลกลูโคสเป็นส่วนประกอบมากขึ้น และสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของน้ำตาลของส่วนประกอบของวุ้นได้มากขึ้น จึงทำให้ได้วุ้นที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น (Bayarri *et al.*,2006 และ Tang *et al.*, 2001)

หน้าที่ของวุ้นในขนมหวาน คือ เป็นตัวทำให้เกิดเจล และเป็นตัวชะลอการตกผลึกของน้ำตาล ช่วยให้อิมัลชั่น (Emulsion) คงตัว และกระจายตัวสม่ำเสมอ ยังช่วยให้มีฟองคงตัว (นิศารัตน์ และปรัศนี, 2556)

ข้อดีของวุ้น คือ เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ร่างกายคนเราย่อยไม่ได้ จึงสามารถนำไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ลูกกวาดแคลอรี่ต่ำได้ และการที่เป็นเจลที่มีจุดหลอมเหลวค่อนข้างสูง จึงทำให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะกับประเทศในเขตร้อน (แต่จากการที่ในตัวเจลจะมีน้ำมากถึง 2 ใน 3 ส่วนและถูกจับเอาไว้ในโครงสร้าง 3 มิติอย่างหลวมๆ ถ้าเก็บในสภาวะที่ไม่เหมาะสม จะเกิด syneresis ได้) ข้อเสีย คือ เป็นตัวนำกลิ่นรสที่ไม่ดีนัก และใช้เวลาเซตตัวนานกว่าเจลที่ใช้เพกติน ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการใช้กับเครื่องจักรอัตโนมัติที่มีกำลังผลิตสูง (นิธิพล ,พรรณอร 2552)

2.7 แป้งเท้ายายม่อม

แป้งเท้ายายม่อมเป็นแป้งที่ใส่ในขนมแล้วจะทำให้ใสคล้ายแป้งถั่ว เป็นแป้งที่ทำมาจากหัวเท้ายายม่อม จะเก็บหัวได้ปีละครั้ง แป้งเท้ายายม่อมมีลักษณะเบานุ่ม ตัวแป้งเป็นละอองทำให้ขนมนุ่ม ใส มันเป็นเงา ช่วยให้ขนมมีลักษณะดี นิยมใช้แป้งเท้ายายม่อมเพื่อให้ขนมมีลักษณะใสเป็นประกาย และเหนียวขึ้น

วิธีการทำแป้งเท้ายายม่อม เป็นวิธีการพื้นบ้านที่ทำได้ง่ายๆ โดยนำหัวต้นเท้ายายม่อมมาล้างให้สะอาด ปอกเปลือกทิ้งให้หมด เพราะเปลือกของหัวเท้ายายม่อมเป็นพิษต่อร่างกาย จากนั้นนำมาฝนบนแผ่นสังกะสีที่เจาะรูด้วยตะปู ใช้ภาชนะใส่น้ำรอรับส่วนที่ฝนได้ ก็จะได้น้ำแป้ง หรือทุ่นแรงโดยใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้โดยนำหัวเท้ายายม่อมที่เปลือกหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่เครื่องปั่นเติมน้ำแล้วปั่นให้ละเอียด ก็จะได้น้ำแป้งเช่นเดียวกัน นำเอาน้ำแป้งที่ได้กรองด้วยผ้าขาวบาง เอากากทิ้ง แช่น้ำส่วนที่กรองได้ในภาชนะนาน 3 ชั่วโมง แป้งจะตกตะกอนอยู่ด้านล่างให้เทน้ำทิ้ง เทน้ำใหม่ลงไปคนให้เข้ากันแล้วกรองอีกครั้ง แช่ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง ครบกำหนดเวลาให้ทำซ้ำตามวิธีเดิมอีก จึงเทน้ำทิ้งนำแป้งที่ตกตะกอนอยู่ด้านล่างออกมาตากแดดให้แห้งสนิท ก็จะได้แป้งเท้ายายม่อมขาวสะอาด ก่อนใช้ควรนำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อนอีกครั้ง ราคาขายของแป้งเท้ายายม่อมในท้องตลาด ขายกันในราคาประมาณกิโลกรัมละ 80-130 บาท ในท้องตลาดทั่วไป ไม่มีการซื้อขายหัวของต้นเท้ายายม่อม แต่จะมีไปขุดมาจากป่า และนำมาขายในราคากิโลกรัมละ 4-5 บาท โดยแหล่งผลิตแป้งเท้ายายม่อมของภาคตะวันออกอยู่ที่ จ.ชลบุรี เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน

2.7.1 องค์ประกอบภายในเม็ดแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 มีสูตรเคมีโดยทั่วไป คือ (C H O) แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ซึ่งประกอบด้วย anhydroglucose unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ glucosidiclingage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางด้านตอนปลายของสายพอลิเมอร์ มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดิไฮด์ เรียกว่า reducing end group แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ (พอลิเมอร์เชิงเส้น อะมิโลส และพอลิเมอร์เชิงกิ่งอะมีโลเพคติน) แป้งจากแหล่งที่ต่างกัน จะมีอัตราส่วนของอะมิโลสและอะมีโลเพคตินแตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกันการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งเท้ายายม่อม สอดคล้องกับ ปิติพร (2553) ได้ศึกษาการนำ ไปใช้ประโยชน์ในขนมชั้น โดยการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแป้งเท้ายายม่อมที่ผลิตได้ในระดับห้องปฏิบัติการ กับแป้งที่จำหน่ายตามท้องตลาดอีก 4 ชนิด คือ แป้งเท้ายายม่อม (ร้านชูถิ่น) แป้งท้าว (ตราปลามังกร) แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลามังกร) และแป้งข้าวเจ้า (ตรานิวเกรด) พบว่าองค์ประกอบทางเคมี

โดยประมาณ (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) ได้แก่ ไขมัน เส้นใยหยาบโปรตีน เถ้า ของแป้งเท้ายายม่อมที่ผลิตได้ในระดับห้องปฏิบัติการมีค่าใกล้เคียงกับแป้งเท้ายายม่อมที่จำ หน่ายตามท้องตลาด แป้งท้าว และแป้งมันสำปะหลัง แต่ทั้งนี้มีค่าน้อยกว่าแป้งข้าวเจ้า เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์โบไฮเดรต และสิ่งเจือปน เช่น ไขมัน โปรตีน พบว่า แป้งเท้ายายม่อมที่ผลิตได้ในระดับห้องปฏิบัติการ แป้งเท้ายายม่อมที่จำหน่ายตามท้องตลาด แป้งท้าว และแป้งมันสำปะหลัง มีความบริสุทธิ์ของแป้งมากจัดเป็นแป้งสตาร์ช (starch) ในขณะที่แป้งข้าวเจ้ามีสิ่งเจือปนมากกว่าจัดเป็นแป้งฟลาว (flour)

2.7.2 โครงสร้างผลึก และส่วนอสัณฐานภายในเม็ดแป้ง

เม็ดแป้งมีโครงสร้างเป็น semi-crystalline มีส่วนที่เป็นผลึก (crystallite) และส่วนอสัณฐาน (amorphous) ส่วนที่เป็นชั้นผลึกนี้เกิดจากอะมีโลเพคติน แต่ละโมเลกุลในหลายๆ ไมเซลล์ (micelle) เชื่อมต่อกันเป็นร่างแหสามมิติด้วยพันธะไฮโดรเจน และส่วนที่เป็นชั้นผลึกนี้จะเป็นที่ทำให้เม็ดแป้งมีความแข็งแรงคงรูปร่างของเม็ดแป้งไว้ ส่วนอสัณฐานจะเป็นส่วนที่ยึดเกาะชั้นผลึกไว้ด้วยกัน และเป็นส่วนที่สร้างความยืดหยุ่นให้กับเม็ดแห้ง ดังนั้นส่วนโครงสร้างผลึกของสายอะมีโลเพคติน จึงเป็นส่วนหลักในการแสดงค่าความเป็นผลึกให้แก่เม็ดแป้งค่าความแตกต่างของเม็ดแป้งจึงแตกต่างกันไปตามชนิดของแป้ง สอดคล้องกับ (pomeranz, 1991) ได้ศึกษากระบวนการเกิดเจลาติไนซ์เป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงหลายขั้นตอน โดยเริ่มจากส่วนอสัณฐานจะเริ่มดูดน้ำและพองตัวขึ้นเมื่อได้รับความร้อน พบว่า การพองตัวหรือขยายตัวที่เพิ่มขึ้นจะทำให้โครงสร้างผลึกที่เป็นระเบียบภายในเม็ดแป้งถูกทำลาย นั่นแสดงว่าเม็ดแป้งที่มีค่ากำลังการพองตัวสูง และพองตัวได้เร็วจะส่งผลทำโครงสร้างผลึกที่เป็นระเบียบภายในเม็ดแป้งถูกทำลายและน้ำแป้งจะเริ่มมีความข้นหนืดที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งที่มีค่ากำลังการพองตัวต่ำกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าการพองตัว กับอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดพบว่า แป้งที่มาจากแหล่งเดียวกันแป้งที่มีค่ากำลังการพองตัวสูงกว่า จะมีอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดต่ำกว่า เช่น ในกรณีของแป้งที่ได้จากส่วนราก แป้งท้าวมีค่ากำลังการพองตัวสูงกว่าจึงมีอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลัง

2.7.3 การพองตัว และการละลาย

เมื่อเติมน้ำลงในแป้ง และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำจากบรรยากาศ จนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ แป้งดิบจะไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า

อุณหภูมิของ เจลาติไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆ กันหรือ water bridges แต่สามารถพองตัวในน้ำเย็นได้เล็กน้อย ซึ่งการพองตัวลักษณะนี้ผันกลับได้คือ เมื่อทำให้แห้งก็จะกลับเป็นเม็ดแป้งเหมือนเดิม เม็ดแป้งจะดูดน้ำตลอดเวลาที่ให้ความร้อน และพองตัวเป็นหลายเท่าของขนาดเดิม โมเลกุลอะมิโลสจะละลายออกมาในน้ำที่อยู่บริเวณรอบๆ เม็ดแป้ง

แป้งแต่ละชนิดจะมีการพองตัวที่แตกต่าง เนื่องมาจากโมเลกุลภายในโครงสร้างที่แตกต่างกัน เช่น ในแป้งมันสำปะหลังแสดงถึงโครงสร้างภายในที่อ่อนแอ จึงสามารถพองตัวได้อย่างอิสระมาก ในทางตรงกันข้ามแป้งข้าวฟ่างแสดงถึงการพองตัวที่จำกัด 2 ขั้นตอน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแรงที่เกิดขึ้นภายในพันธะ 2 ชนิด ที่อยู่ในเม็ดแป้ง นอกจากชนิดของแป้งที่มีผลต่อการพองตัวและการละลายแล้ว ปัจจัยอื่นที่มีผลได้แก่ ความแข็งแรง และลักษณะร่างแหภายในเม็ดแป้งหรือจำนวน และชนิด พันธะภายในเม็ดแป้ง ในระดับโมเลกุลปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนพันธะ คือ ขนาด รูปร่าง ส่วนประกอบ และการกระจายตัวของโมเลกุล จำนวนกิ่งสาขาการจัดเรียงตัว และความยาวของสาขาในอะมิโลเพคติน ก็มีผลต่อจำนวนของพันธะเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับ ปิติพร (2553) ได้ศึกษาค่ากำลังการพองตัวและร้อยละการละลายของแป้งเท้ายายม่อมที่ผลิตได้ในระดับห้องปฏิบัติการ แป้งเท้ายายม่อมที่จำหน่ายตามท้องตลาด แป้งท้าว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเจ้ามีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น พบว่าค่ากำลังการพองตัวและร้อยละการละลายเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ แป้งท้าว แป้งมันสำปะหลัง แป้งเท้ายายม่อมที่จำหน่ายตามท้องตลาด แป้งเท้ายายม่อมที่ผลิตได้ในระดับห้องปฏิบัติการ และแป้งข้าวเจ้า ตามลำดับ

2.7.4 **การเกิดเจลาติไนซ์**

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห micelles การจัดเรียงตัวลักษณะนี้ จะทำให้เม็ดแป้งละลายน้ำได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลงเม็ดแป้งจะดูดน้ำ และพองตัวส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้น และใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่อยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลงเม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) แป้งจากส่วนหัว (มันฝรั่ง) และแป้งจากส่วนราก (มันสำปะหลัง) มีพันธะภายในเมกุลที่ไม่แข็งแรง การเกิดเจลาติไนซ์เกิดขึ้นได้ง่ายและทำให้เกิดความหนืดได้อย่างรวดเร็ว เมื่อทำการกวนจะทำให้เม็ดแป้งที่พองตัวจนมีขนาดใหญ่แตกง่าย สอดคล้องกับ ปิติพร (2553) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกลของเจลแป้งแต่ละชนิด ได้แก่

เจลแป้งเท้ายายม่อม เจลแป้งท้าว เจลแป้งมันสำปะหลัง และเจลแป้งข้าวเจ้า โดยวิธีการวัดค่าแรงกดและวิธีการวัดค่าแรงดึง แสดงให้เห็นว่าเจลแป้งทั้ง 4 ชนิด พบว่า เจลแป้งเท้ายายม่อมจะให้เจลที่มีความแข็งมากกว่าเจลแป้งท้าว และเจลแป้งมันสำปะหลัง แต่มีความแข็งน้อยกว่าเจลแป้งข้าวเจ้า โดยเจลแป้งเท้ายายม่อม เจลแป้งท้าว และเจลแป้งมันสำปะหลัง เจลมีลักษณะเหนียว และใส ในขณะที่เจลแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะร่วน และทึบแสง

อุณหภูมิที่ทำให้น้ำแป้งเกิดเจลาติไนซ์ จะไม่ได้อยู่ที่อุณหภูมิเฉพาะ แต่มักอยู่เป็นช่วง (gelatinization temperature range) เนื่องจากเม็ดแป้งแขวงลอยถูกให้ความร้อน เม็ดแป้งเม็ดแรกเริ่มเกิดเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิส่วนหนึ่ง ส่วนเม็ดแป้งอื่นๆ ที่แขวนลอยอยู่ในสารละลายเดียวกัน (โดยทั่วไปจะมีขนาดเล็กกว่าเม็ดแรก) ก็จะเริ่มเปลี่ยนเป็นข้นใสที่อุณหภูมิสูงกว่าครั้งแรก ดังนั้นค่าที่จริงจึงควรจะนับอุณหภูมิแรกที่ทำให้เม็ดแป้งเจลาติไนซ์ จนถึงอุณหภูมิสูงขึ้นที่มีผลต่อเม็ดแป้งต่อมา สำหรับวิธีการวัดอุณหภูมิที่ทำให้น้ำแป้งเกิดเจลาติไนซ์ที่ดีที่สุดโดยใช้วิธีการของ Koflerr hot-stage microscope ด้วยวิธีนี้พบว่าอุณหภูมิที่ทำให้แป้งเท้ายายม่อมเกิดเจลาติไนซ์เท่ากับ 62-66-70 องศาเซลเซียส และเมื่อทำการวัดด้วยเครื่อง Brabendervisco analyzer มีค่าเท่ากับ 90-95 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การวัดอุณหภูมิที่ทำให้น้ำแป้งเกิดเจลาติไนซ์ ยังอาจใช้วิธีที่เรียกว่า Differential Scanning Calorimetry-DSC และเรียกอุณหภูมิที่วัดด้วยเครื่องนี้ว่า DSC gelatinization temperature range ซึ่งค่าที่ได้จะแตกต่างจากวิธี Kofler สอดคล้องกับ ปิติพร (2553) การเกิดเจลาติไนซ์เมื่อศึกษาด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) พบว่าแป้งเท้ายายม่อมที่ผลิตได้ในระดับห้องปฏิบัติการ แป้งเท้ายายม่อมที่จำหน่ายตามท้องตลาด แป้งท้าว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเจ้า มีช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ เท่ากับ 68-83, 70-85, 65-82, 59-83 และ 61-78 องศาเซลเซียส และมีพลังงานในการเกิดเจลาติไนซ์เท่ากับ 15.56, 16.29, 15.56, 15.80 และ 11.27 จูลต่อกรัม ตามลำดับ

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนซ์ แล้วให้ความร้อนต่อไปจะทำให้ เม็ดแป้งพองตัวมากขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่ และแตกตัวออก โมเลกุลของอะมิโลสขนาดเล็กจะกระจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำ และไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียว คล้ายฟิล์ม หรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) หรือการคืนตัว โมเลกุลอะมิโลเพคตินสามารถเกิดรีโทรเกรเดชันได้ โดยเกิดจากการรวมตัวกันของกิ่งที่สั้น และใช้เวลาในการเกิดนานกว่าอะมิโลส (นิธิพล และพรรณอร, 2552)

2.8 อุปกรณ์เฉพาะในการทำวุ้น

1) พิมพ์วุ้น ทำจากอะลูมิเนียม พลาสติก และซิลิโคน มีหลากหลายรูปแบบ ทั้งราคาถูกราคาแพง ดังนี้

(1) พิมพ์อะลูมิเนียม พิมพ์วุ้นรุ่นแรกๆ มีทั้งถ้วยกลมจีบ ถ้วยสามเหลี่ยมสี่เหลี่ยม รูปกระต่าย รูปปลา และอื่นๆ เป็นพิมพ์วุ้นที่ทนความร้อนได้ดี แต่ตัวพิมพ์จะร้อนเวลาจับ เลือกซื้อพิมพ์อะลูมิเนียมอย่างดี เนื้อเรียบ ลายไม่ละเอียดมาก เพราะช่วยให้นำวุ้นออกจากพิมพ์ได้ง่าย นอกจากนี้ ควรเลือกพิมพ์ที่ก้นพิมพ์เรียบ เวลาใส่วุ้นแล้วจะไม่หก และหน้าวุ้นก็เรียบเสมอกันไม่เอียง

(2) พิมพ์พลาสติก มีตั้งแต่เป็นถาดขนาดเล็ก ถ้วยจีบ ถ้วยหัวใจ ถ้วยจีบวงรี วงกลม สี่เหลี่ยม และเป็นพิมพ์เค้กที่มีลวดลายสวยงาม ทั้งแบบดอกไม้ แบบตุ๊กตา มีจำหน่ายทั้งแบบพลาสติกเนื้อบางใสใช้แล้วทิ้งเลย และแบบพลาสติกอย่างดีทนความร้อนสูง มีสีขาวขุ่น ใช้ได้หลายครั้ง พิมพ์วุ้นพลาสติกขาวใสจะช่วยทำให้มองเห็นวุ้นสีสันสวยงาม อีกทั้งมองเห็นชั้นวุ้นเวลาหยอดได้อย่างชัดเจน

(3) พิมพ์ซิลิโคน มีหลายรูปแบบ ราคาแตกต่างกันออกไป เลือกซื้อเนื้อนิ่ม พิมพ์วุ้นซิลิโคนมีข้อดีคือ จับแล้วไม่ร้อนมือและมีความยืดหยุ่น จึงทำให้นำวุ้นออกจากพิมพ์ได้ง่าย แต่เวลาหยอดวุ้นแล้ว ควรพักให้แข็งตัวแล้วจึงเคลื่อนย้าย เนื่องจากพิมพ์มีความนิ่ม หากไม่พักให้แข็งตัวจะทำให้วุ้นหกได้ เลือกซื้อชนิดทนความร้อนถึง 100 องศาเซลเซียส มีหลายแบบหลากสีสันให้เลือกหาซื้อได้ตามร้านเบเกอรี่และซูเปอร์มาร์เกตชั้นนำ

2) พิมพ์กดวุ้น มีทั้งเป็นสเตนเลส ทองเหลืองและพลาสติก มีรูปร่างต่างๆ เช่น ดอกไม้ ใบไม้ สัตว์ต่างๆ เลือกซื้อที่มีความคม แข็งแรง ใช้งานได้ทนทาน

3) มีดหั่นวุ้น ใบมีดเป็นทองเหลือง มีรอยหยักทำให้เกิดความสวยงาม ปัจจุบันทำเป็นสเตนเลส ในรูปแบบมีดมีด้านจับ และเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม เลือกซื้อใบมีดที่บางและคม

4) กระทะทองหรือกระทะทองเหลือง เป็นกระทะก้นลึกทำจากทองเหลือง มีหู 2 ข้าง สำหรับจับ นำความร้อนได้ดีกระจายความร้อนได้ทั่วและสม่ำเสมอ ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร สีขนมไม่เปลี่ยน กวนแล้วส่วนผสมล่อนและไม่ติดกระทะ กระทะทองมีหลายขนาด มีหลายขนาด หลายราคา ทั้งเนื้อหนาและเนื้อบาง เลือกซื้อเนื้อเรียบเวลาเคาะมีเสียงดังกังวาน เมื่อใช้แล้วทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจานขัดด้วยมะขามเปียกผสมขี้เถ้าให้สะอาดและขึ้นเงา จากนั้นล้างน้ำให้สะอาด เช็ดให้แห้ง

5) พายไม้ พายไม้ปลายแบนยาวมีด้ามสำหรับถือ ใช้กวนหรือคนส่วนผสม พายไม้ใช้คู่กับกระทะทอง หม้อตุ๋นสำหรับกวนวุ้น ใช้สำหรับคนอาหารที่ร้อนบนเตา เลือกซื้อด้ามจับถนัดมือ ทำจากไม้เนื้อแข็ง มีผิวเรียบ (เยาวภา, 2554)

2.9 กระบวนการระเหยน้ำและการทำแห้ง

2.9.1 การระเหยเอาน้ำออก

การระเหยเอาน้ำออกเป็นวิธีการไล่เอาน้ำออกจากอาหารเหลวโดยการต้ม ทำให้น้ำระเหยออกไปจากสารละลายส่งผลให้ตัวถูกละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น ซึ่งต่างจากวิธีการทำให้เข้มข้นโดยการกรองผ่านเมมเบรน (membrane concentration) ซึ่งกระทำที่อุณหภูมิห้อง และใช้ความแตกต่างของอัตราการแพร่กระจาย (rate of diffusion) วัตถุประสงค์ของการระเหยเอาน้ำออกก็เพื่อทำให้อาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น ก่อนที่จะนำไปแปรรูปด้วยกระบวนการอื่นต่อไป เช่นการทำแห้ง และการแช่เยือกแข็ง เพื่อลดน้ำหนักและปริมาตรของอาหารเหลว เป็นการประหยัดพลังงานและการขนส่งและเพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค นอกจากนี้ยังทำให้อาหารมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นและลด a_w ด้วย แต่การระเหยเอาน้ำออกมีผลกระทบทำให้อาหารมีกลิ่นและสีเปลี่ยนไปได้

2.9.2 ผลของการระเหยเอาน้ำออกต่ออาหาร

เนื่องจากกระบวนการระเหยเอาน้ำออกมีการใช้ความร้อน จึงทำให้สูญเสียสารให้กลิ่นบางชนิดที่ระเหยได้ง่ายออกไป คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของอาหารจะลดลง แต่ทำให้อาหารบางชนิดมีกลิ่นดีขึ้น เพราะทำให้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ระเหยออกไปด้วย เช่น โกโก้ และน้ำนม

นอกจากนี้ การระเหยเอาน้ำออกยังทำให้อาหารมีสีเข้มขึ้น เพราะเพิ่มความเข้มข้นของปริมาณของแข็งทั้งหมด และการลด a_wทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นได้ เช่น ปฏิกิริยา Maillard browning ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยเอาน้ำออก ผลิตภัณฑ์นมบางชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการลดลง สอดคล้องกับลาวรรณ์ (2551) ศึกษาเรื่อง การพัฒนากรรมวิธีการผลิตขนมเค้กจากเนื้อตาล โดยได้ศึกษาอัตราการทำแห้งของเนื้อลูกตาลสุก ก่อนนำไปผลิตขนมเค้กจากเนื้อตาล พบว่า อัตราการทำแห้งของเนื้อตาลที่อุณหภูมิ 50 และ 70 องศาเซลเซียส แตกต่างกัน โดยเนื้อตาลที่อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 8 ชั่วโมง จนมีความชื้นคงที่เท่ากับร้อยละ 1.82 ซึ่งเนื้อตาลที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนาน 11 ชั่วโมง จึงมีความชื้นคงที่เท่ากับร้อยละ 1.80 การใช้อุณหภูมิที่สูงจะช่วยลดระยะเวลาการทำแห้งให้ลดน้อยลงแต่ทำให้สีของเนื้อตาลผงที่ได้แตกต่างกัน โดยเนื้อตาลผงที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีสีเข้มกว่าเนื้อตาลผงที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ ไม่แตกต่างกัน ปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม

ตารางที่ 2.3 การสูญเสียวิตามินบางชนิดระหว่างการทำให้น้ำนมเข้มข้น

ผลิตภัณฑ์นม	การสูญเสียวิตามิน (%)				
	บีหนึ่ง	บีหก	บีสิบสอง	กรดโฟลิก	ซี
นมระเหยน้ำ	20	40	80	25	60
นมข้นหวาน	10	<10	30	25	25
นม UHT	<10	<10	<10	<10	<25

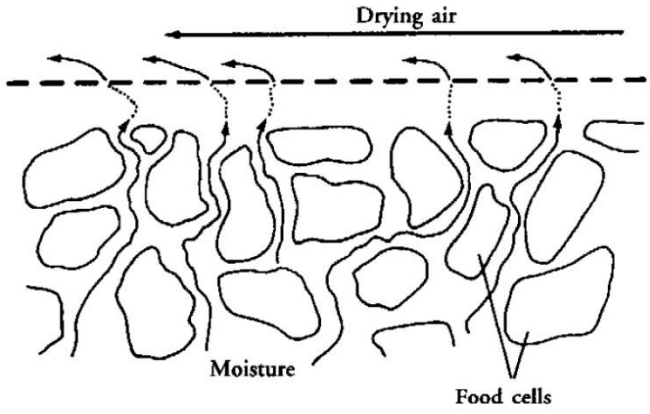
2.9.3 การทำแห้ง

การทำแห้งเป็นการให้ความร้อนแก่อาหารระดับหนึ่ง เพื่อไล่เอาน้ำออกจากอาหารให้เหลืออยู่ปริมาณน้อยที่สุด การทำแห้งทำได้หลายวิธี เช่น การตากแดด (sun drying) การทำแห้งโดยใช้พลังแสงอาทิตย์ (solar drying) ตู้ทำแห้งแบบใช้ลมร้อน (hot air drier) ตู้ทำแห้งแบบสุญญากาศ (vacuum shelf drier) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying หรือ sublimation) และการอบ (baking) เป็นต้น ซึ่งอาหารแห้งที่ได้จะมีปริมาณน้ำหรือความชื้นประมาณ ร้อยละ 2.3 ทำให้ลด a_w ในอาหารให้น้อยลงด้วย จึงทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เพราะเมื่ออาหารมีน้ำลดลงจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และ activity ของเอนไซม์ได้ นอกจากนี้ การทำแห้งยังช่วยลดน้ำหนัก ทำให้ลดค่าใช้จ่ายระหว่างการเก็บรักษาและขนส่ง อาหารทำแห้งบางชนิดยังสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งวิธีการทำแห้งจึงเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา อย่างไรก็ตาม การทำแห้งทำให้สูญเสียทั้งคุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร

2.9.4 กลไกการทำแห้ง

เมื่ออากาศร้อนถูกเป่าลงบนชิ้นอาหารที่เปียกชื้น ความร้อนจะถ่ายเทไปที่ผิวนอกของอาหาร ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำ (latent heat of vaporization) จะทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำ และแพร่กระจ่ายผ่าน boundary film ของอากาศ และพาไอน้ำระเหยออกไป โดยมีอากาศแห้งเข้ามาแทนที่ (ภาพที่ 2.1) ทำให้บริเวณที่ผิวนอกของอาหารจะมีความดันไอของไอน้ำลดลง เกิดความแตกต่างของความดันไอของน้ำระหว่างอากาศภายนอกกับความชื้นภายในชิ้นอาหาร จึงเป็นแรงขับให้น้ำจากภายในจะเคลื่อนย้ายออกมาที่ผิวนอกของอาหารได้ด้วยกลไก ดังนี้

1. เคลื่อนที่โดย capillary force
2. เคลื่อนที่โดยการแพร่กระจายของน้ำ เนื่องจากตัวถูกละลายมีความเข้มข้นแตกต่างกันที่บริเวณต่างๆ กัน ในชิ้นอาหาร
3. น้ำจะถูกดูดซับด้วยชั้นของตัวถูกละลายออกมาอยู่ที่ผิวนอกของอาหาร
4. ไอน้ำที่ระเหยออกไปในอากาศจะทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอ



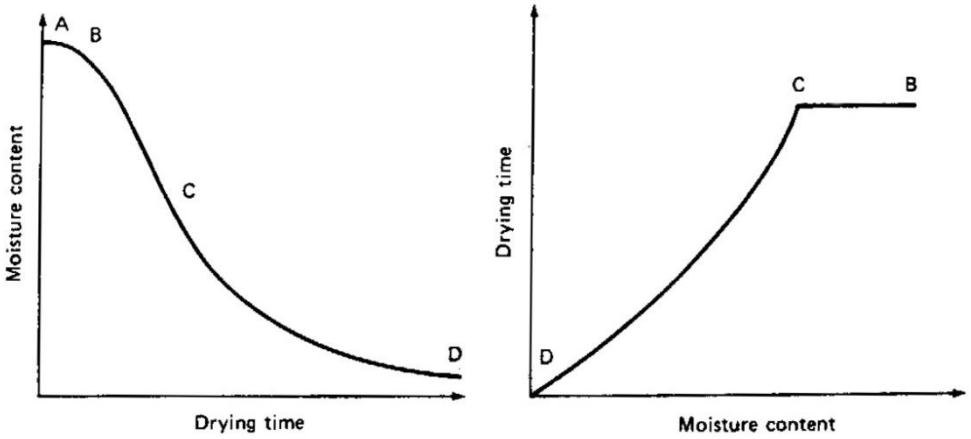
ภาพที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชิ้นอาหารระหว่างการทำแห้ง

ที่มา : นิธิยา (2553)

อาหารมีสมบัติเป็นทั้งสารที่ดูดความชื้น (hygroscopic) และสารที่ไม่ดูดความชื้น (non hygroscopic) อาหารประเภทที่ดูดความชื้น คือ อาหารที่ความดันย่อย (partial pressure) ของไอน้ำผันแปรไปตามความชื้น แต่อาหารประเภทที่ไม่ดูดความชื้นเป็นอาหารที่มีความดันไอน้ำคงที่ ที่ความชื้นต่างๆ กัน ซึ่งความแตกต่างนี้แสดงได้ด้วย sorption isotherm ที่ต่างกัน

สมบัติของอากาศขณะที่มีอัตราการระเหยออกของน้ำคงที่ คือ

1. อุณหภูมิของกระเปาะแห้ง (dry-bulb temperature) ค่อนข้างสูง
2. มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ
3. มีความเร็วลมสูง



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการทำแห้งและความชื้นในอาหาร

ที่มา : Fellow (1997) อ้างถึงใน นิธิยา (2557)

เมื่ออาหารถูกนำไปไว้ในตู้อบ จะมีช่วงปรับตัวระยะสั้นๆ ขณะที่ผิวนอกของอาหารได้รับความร้อน (AB) หลังจากนั้นน้ำจะค่อยๆ เคลื่อนที่จากด้านในชิ้นอาหารออกมายังผิวนอก จะทำให้ผิวนอกยังคงเปียกอยู่ตลอดเวลาขณะทำแห้ง ซึ่งเป็น constant rate period (BC)

2.10 ผลของการทำแห้งต่ออาหาร

1. ลักษณะเนื้อสัมผัส การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสภายหลังการทำแห้ง จะมีผลต่อคุณภาพของผลไม้ ซึ่งสามารถปรับปรุงให้คุณภาพดีขึ้นได้โดยการลวกและอาจเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงไปในน้ำที่ใช้ลวก การปอกเปลือกและหั่นชิ้นก่อนทำแห้งก็มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเฉพาะเมื่อแช่น้ำให้คืนตัว การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสอาจเกิดขึ้นเมื่อสตาร์ชเกิดเจลาติไนเซชันหรือเกิด crystallization ของเซลลูโลส การเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำในอาหารระหว่างการทำแห้งทำให้อาหารเหี่ยวและมีปริมาตรลดลง สอดคล้องกับ จารุวรรณ และคณะ (2550) ได้ทดสอบการหดตัวของกล้วยแผ่นในระหว่างการอบแห้ง ซึ่งผลของการวัดการหดตัวของกล้วยแผ่นหลังการอบแห้ง พบว่ากล้วยแผ่นมีการหดตัวมาก เมื่อทำการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าการอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูง และมีการหดตัวน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูง ทั้งนี้ เนื่องมาจากกล้วยแผ่นที่อบแห้งภายใต้อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการอบแห้งที่รวดเร็ว น้ำที่อยู่ที่ผิวของกล้วยแผ่นจะระเหยไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ผิวที่อยู่ข้างนอกแห้งและเกิดการแข็งตัวที่ผิว ซึ่งการแข็งตัวที่ผิวนี้จะช่วยรักษาสภาพรูปทรง และปริมาตรของกล้วยแผ่นไม่ให้มีการหดตัวมาก ส่วนเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นหลังการอบแห้ง แต่มีผลต่อความแข็งโดยอุณหภูมิสูงให้ค่าความแข็งน้อยกว่าอุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 2.4 อัตราส่วนของผักและผลไม้บางชนิดภายหลังการทำแห้ง การหดตัว และการคืนตัว

ผัก	Drying ratio	Overall shrinkage ratio	Rehydration ratio
กะหล่ำปลี	11.5	21.0	10.5
แครอท(diced)	7.5	12.0	7.0
หอมหัวใหญ่ (sliced)	7.0	8.0	5.5
พริกหวาน (green pepper)	17.0	22.0	8.0
ผักโขม	13.0	13.5	5.0
มะเขือเทศ (flake)	14.0	20.0	5.0

ที่มา : Fellow (1997) อ้างถึงใน นิธิยา (2557)

ระหว่างการทำแห้งเนื้อสัตว์ เนื้อเยื่อจะเกิดการจับตัวรวมกัน (aggregation) และโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ มีการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำและกล้ามเนื้อเหนียวขึ้น อุณหภูมิและอัตราการแห้งจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร การทำแห้งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนลักษณะเนื้อสัมผัสมากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ น้ำจะเคลื่อนย้ายระหว่างการทำแห้งและตัวถูกละลายจะเคลื่อนย้ายจากด้านในออกมาด้านนอก กลไกและอัตราการเคลื่อนย้ายของตัวถูกละลายแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและภาวะที่ใช้ในการทำแห้ง เมื่อน้ำระเหยออกไปจะทำให้ตัวถูกละลายมีความเข้มข้นที่ผิวมากขึ้น ถ้าอากาศ มีอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะกับผลไม้ ปลาและเนื้อสัตว์ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพที่ซับซ้อนที่ผิว และผิวนอกของอาหารจะแข็งขึ้น เรียกว่า case hardening ซึ่งจะลดอัตราการแห้งของส่วนที่อยู่ด้านในชิ้นอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารทำแห้งที่ได้จะมีผิวนอกแห้งและภายในยังชื้นอยู่ ทำให้ความชื้นระหว่างผิวนอกและด้านในของอาหารมีความแตกต่างกันสูง สอดคล้องกับ (Miranda et al., 2010) และอาฒยาและคณะ (2549) ได้ศึกษาการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งขนมอาลัวที่เหมาะสม การทำแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ต่ำ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง จึงต้องใช้เวลานานเกินกว่า 14 ชั่วโมง สำหรับขนมอาลัวที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ลักษณะขนมที่แห้งที่ผิว และมีความเหนียวนุ่มข้างในเกิดจาก การที่น้ำระเหยออกไป เป็นผลให้น้ำตาลที่ผิวมีความเข้มมากเนื้อสัมผัสของขนมอาลัว ที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จะมีความเหนียวแข็งมากกว่าขนมอาลัว ที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นผลมาจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงเกินไป มีผลทำให้น้ำที่อยู่ในเซลล์ของอาหาร เกิดการระเหยออกมาเร็วกว่า และมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิอื่นๆ ทำให้ภายในเซลล์มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ลักษณะเนื้อขนมที่ได้

จึงเหนียวแข็งกว่า และสอดคล้องกับ Ben-Yoseph *et al.* (2000) และ Ben-Yoseph and Hartel (1999) โดยได้ทำการศึกษาการเกิดฟิล์มน้ำตาลซูโครสในระหว่างการทำแห้ง พบว่า ในระหว่างการทำแห้งจะทำให้น้ำบริเวณผิวหน้าของตัวอย่างอาหารระเหยออกอย่างรวดเร็ว และทำให้น้ำภายในอาหารเคลื่อนที่มาอยู่บริเวณผิวหน้าทำให้เกิดฟิล์มของน้ำตาลซูโครส เกิดขึ้นที่บริเวณผิวหน้าของตัวอย่างอาหาร ซึ่งมีผลทำให้น้ำภายในอาหารไม่สามารถระเหยออกสู่ภายนอกได้ จึงทำให้ลักษณะตัวอย่างอาหารภายนอกแข็งและภายในอ่อนนุ่ม ในกรณีตัวอย่างอาหารมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ ทำให้เกิด สำหรับอาหารผง ลักษณะเนื้อสัมผัสวัดด้วย bulk density ซึ่งขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของวิธีการทำแห้งที่ใช้ และขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ที่ได้ อาหารที่มีไขมันต่ำจะเกิด free-flowing powder ง่ายกว่าพวกที่มีไขมันสูงเช่น นมผง เมื่อนำไปแช่น้ำให้คืนตัวจะเกิด wettability, sinkability, dispersibility และ solubility และอาหารชนิด instant powder ก็จะเกิดลักษณะทั้ง 4 อย่างเช่นเดียวกัน อาหารที่เป็นผงขนาดเล็กๆ จะเก็บรักษาได้นานกว่าอาหารที่เป็นผงขนาดใหญ่ เพราะอาหารที่เป็นผงขนาดใหญ่มีอากาศเข้าไปแทรกตัวอยู่มาก ดังตารางที่ 2.5 แสดงค่า bulk density และความชื้นของอาหารผงบางชนิด

ตารางที่ 2.5 แสดงค่า bulk density และความชื้นของอาหารผงบางชนิด

อาหาร	Bulk density (กิโลกรัม/เมตร^3)	ความชื้น (%)
ผงโกโก้	480	3 - 5
กาแฟบด	330	7
กาแฟ instant	330	2.5
กาแฟ creamer	470	3
แป้งข้าวโพด	560	12
ไข่ผงทั้งฟอง	340	2 - 4
นมผงปราศจากไขมัน	640	2 - 4
นมผงปราศจากไขมัน (instant)	550	2 - 4
เกลือ (granular)	960	0.2
น้ำตาล (granular)	800	0.5
แป้งสาลี	450	12.0

ที่มา : Fellow (1997) อ้างถึงใน นิธิยา (2557)

2. กลิ่นและรสชาติ ระหว่างการทำแห้งความร้อนจะทำให้สารให้กลิ่นระเหยออกไปด้วย ดังนั้น การสูญเสียสารให้กลิ่นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ และความเข้มข้นของแข็งทั้งหมดในอาหาร ความดันไอของสารที่ระเหยได้ และความสามารถในการละลายน้ำ หากเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายจะสูญเสียตั้งแต่เริ่มต้นอบ ส่วนช่วงหลังของการอบจะมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการควบคุมภาวะที่ใช้ในการทำแห้งจะช่วยลดการสูญเสียกลิ่นและรสชาติของอาหารได้ สอดคล้องกับจารุวรรณ และคณะ (2550) ได้ศึกษาสารประกอบที่ระเหยง่ายในระหว่างการอบกล้วยแผ่น พบว่าสารประกอบที่ระเหยง่ายแต่ละชนิด มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งที่แตกต่างกัน โดยในกล้วยหอมมีสารประกอบที่ให้กลิ่นอยู่มากโดยส่วนมาก ประกอบด้วย Isoamyl acetate, Isobutylbutanoate และ Buty สารประกอบที่ระเหยง่ายแต่ละชนิดมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงสามารถลดปริมาณการสูญเสียสารระเหยง่ายในกล้วยได้ดีกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า อาจเป็นผลมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดผิวแข็งที่บริเวณผิวกล้วยซึ่งอาจจะช่วยให้การแพร่ของสารระเหย butyrate

อาหารประเภทเครื่องเทศต้องอบที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อรักษาสารให้กลิ่นให้ระเหยออกไปให้น้อยที่สุด ปัจจัยสำคัญที่ทำให้สูญเสียกลิ่นอีกอย่างหนึ่ง คือ การเกิดออกซิเดชันของสารสี วิตามิน และลิพิด ในระหว่างเก็บรักษาอาหารที่มีโครงสร้างเป็นรูโปร่ง ออกซิเจนจากอากาศจะทำให้เกิดออกซิเดชัน แต่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและ a_wด้วย นมผงที่เกิดออกซิเดชันจะทำให้มีกลิ่นหืน และได้สารพวกเดลตา-แล็กโทน ส่วนผักและผลไม้มีไขมันต่ำไม่ค่อยมีปัญหา หากเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดสารพวกไฮโดรเพอร์ออกไซด์ และทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันและดีไฮเดรชัน หรือออกซิเดชันได้เป็นแอลดีไฮด์คีโตน และกรดอินทรีย์ ทำให้เกิดกลิ่นหืนในแครอททำแห้งจะเกิดออกซิเดชันของแคโรทีนได้เป็นบีตา-ไอโอโนน การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะเกิดน้อยลงหากบรรจุผลิตภัณฑ์ภาชนะบรรจุชนิดสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และเติมสารต้านทานออกซิเดชัน หรือพยายามรักษาสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติไว้ให้มากที่สุด เอนไซม์กลูโคสออกซิเดสช่วยป้องกันอาหารแห้งไม่ให้เกิดออกซิเดชันได้สอดคล้องกับ ส่วนนมผงควรเก็บรักษาไว้ในบรรยากาศที่มีก๊าซไนโตรเจน 90% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10% การเกิดออกซิเดชันและไฮโดรไลซิสโดยเอนไซม์ในผลไม้สามารถป้องกันได้ โดยใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ วิตามินซี และกรดซิตริก สำหรับวิธีอื่นๆ ได้แก่

1) สกัดแยกสารที่ระเหยได้แล้วเติมกลับลงในผลิตภัณฑ์ระหว่างการทำแห้ง

2) เติมเอนไซม์เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนสารเริ่มต้นให้เป็นสารที่ให้กลิ่นในอาหาร

3) ผสมสารให้กลิ่นที่สกัดได้กับสารที่เป็น flavour fixing แล้วเติมกลับคืนลงในอาหารแห้ง น้ำตาลมอลโทสนิยมใช้เป็นตัวพา (carrier material) สำหรับ drying flavor compounds

3. สี การทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนสีผิวของอาหารและเปลี่ยนการสะท้อนแสงของสี มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนและการออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง ยิ่งการทำแห้งใช้เวลานานและอุณหภูมิสูงยิ่งเกิดได้ง่าย และอาจเกิด browning reaction สอดคล้องกับอาฒยา และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาขนมอาลัว โดยและทำการศึกษาการแห้งขนมอาลัวที่อุณหภูมิที่ 65 70 และ 75 โดยขนมอาลัวที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส มีสีขาวอมน้ำตาลเนื่องมาจากเกิดปฏิกิริยา Maillard browning โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อน ทำให้แป้งและน้ำตาลเกิดการเผาไหม้โดยปฏิกิริยาเคมี หากอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นอย่าง รวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม 10 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้น 3-4 เท่าจากเดิม และสอดคล้องกับ Nadian *et al*. (2015) ได้ศึกษาเรื่อง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของแอปเปิ้ลระหว่างการทำแห้ง ของการเปลี่ยนสีของชิ้นแอปเปิ้ลระหว่างการทำแห้งด้วยลมร้อน พบว่าสีของแอบเปิ้ลจะเข้มขึ้น โดยเปลี่ยนจากสีขาวซีดเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาแบบปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) และการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซิ่งกับกรดอมิโน นอกจากนี้การเกิดปฏิกิริยา Maillard browning ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยน้ำออกไป และการเก็บรักษาหากยังมี activity ของเอนไซม์เหลืออยู่ สามารถป้องกันการทำงานของเอนไซม์ได้โดยนำไปลวก และใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือวิตามิซี แต่ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะทำให้สีของแอนโทไซยานินหายไป และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างทำให้สีเปลี่ยน และผู้บริโภคบางคนเกิดอาการแพ้ได้ เช่น มีอาการหอบหืด

การเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับ a_wและอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการเก็บรักษา ยิ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูงยิ่งมีสีคล้ำ โดยเฉพาะเมื่ออาหารมีความชื้นมากกว่า 4-5% และอุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส

4. คุณค่าทางโภชนาการ วิตามินแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในน้ำได้แตกต่างกัน วิตามินซีไวต่อการถูกทำลายด้วยความร้อนและการออกซิเดชันมากที่สุด หากต้องการลดการสูญเสียวิตามินวีต้องใช้เวลาในการทำแห้งและเก็บรักษาที่สั้น ใช้อุณหภูมิต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์และออกซิเจนต่ำ วิตามินบีหนึ่งก็ไว้ต่อความร้อน แต่วิตามินชนิดอื่นค่อนข้างทนต่อความร้อนและออกซิเดชัน จึงสูญเสียระหว่างทำแห้งเพียง 5-11% ภายหลังการลวก

วิตามินและสารอาหารที่ละลายได้ในไขมันค่อนข้างคงตัวในอาหารแห้งและมีความเข้มข้นมากขึ้น อย่างไรก็ตาม หากมีโลหะหนักจะเร่งให้เกิดออกซิเดชันของสารอาหารที่มีพันธะคู่ อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเร็วขึ้นเมื่อมีน้ำน้อยลง เพราะตัวถูกละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น วิตามินที่ละลายในไขมันบางชนิดอาจสูญเสีย เนื่องจากเกิดปฏิกิริยากับเพอร์ออกไซด์ที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมัน ดังนั้น การลดออกซิเจน อุณหภูมิ และแสงจะช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษาได้

คุณค่าทางชีวภาพและการย่อยของโปรตีนไม่เปลี่ยนแปลง ยกเว้นโปรตีนนมจะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติระหว่างการทำนมผงด้วยวิธี drum drying ซึ่งจะลดการละลายของนมผง แต่วิธี spray drying ไม่มีผลต่อคุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนนม หากนมผงมีความชื้นมากกว่า 5% และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยา Maillard browning ระหว่างกรดอะมิโนไลซีนกับน้ำตาลแล็กโทส ลดคุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนนม ไลซีนยังไวต่อความร้อน จะสูญเสียระหว่าง spray drying ประมาณ 3-10% และ drum drying ประมาณ 5-40%

การนำอาหารแห้งมาแช่น้ำให้คืนตัว ไม่ใช่การทำให้อาหารแห้งกลับคืนได้เหมือนสภาพสด (reverse of drying) เพราะการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส การเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย และการสูญเสียสารให้กลิ่น (volatile loss) ระหว่างการทำแห้งไม่สามารถทำให้กลับคืนได้ ความร้อนยังลด degree of hydration ของสตาร์ช และความยืดหยุ่น (elasticity) ของผนังเซลล์ และโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งจะลดความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนลงด้วย การทำอาหารให้แห้งในภาวะที่เหมาะสมจะเกิดการเสียหายน้อย และเมื่อนำมาแช่น้ำจะคืนรูปได้รวดเร็ว

การใช้ความร้อนระเหยเอาน้ำออกจากอาหารทำให้อาหารมีน้ำลดลง หรือทำให้อาหารอยู่ในสภาพแห้ง เป็นวิธีการถนอมอาหารโดยการลด a_w ดังกล่าวมาแล้ว แต่การใช้ความร้อนจะทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ดังนั้น การทำแห้งโดยวิธีแช่เยือกแข็ง หรือ lyophilisation จึงเป็นการทำแห้งหรือลด a_w โดยไม่ใช้ความร้อน อาหารทำแห้งที่ได้จะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและคงเหลือคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสไว้เป็นอย่างดี แต่วิธีนี้ต้องใช้เวลานานมาก เสียพลังงานมาก ค่าใช้จ่ายและการลงทุนก็สูงด้วย ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารทำแห้งที่ใช้วิธีนี้มีราคาสูงขึ้น จึงนิยมใช้กับอาหารที่มีราคาสูง มีกลิ่นและลักษณะเนื้อเฉพาะ เช่น กาแฟ เห็ดหอม เครื่องเทศ สมุนไพร น้ำผลไม้ และเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยวีนี้จะเก็บรักษาได้นานมาก

ตารางที่ 2.6 ข้อแตกต่างระหว่างการทำแห้งแบบธรรมดา และวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีดังนี้

การทำแห้งแบบธรรมดา	การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
● ใช้อบอาหารได้ทุกชนิด	● ใช้กับอาหารได้ไม่ทุกชนิด
● ไม่เหมาะสมกับอาหารประเภทเนื้อสัตว์	● ให้ผลดีกับเนื้อสัตว์ทั้งดิบและสุก
● ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ 37-93 องศาเซลเซียส	● อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง
● ทำที่บรรยากาศปกติ	● ลดความดันบรรยากาศลงเหลือ 27-133 พาสคาล
● เป็นการระเหยน้ำที่ผิวอาหารให้กลายเป็นไอด้วยความร้อน	● เป็นการระเหิดน้ำจากน้ำแข็ง
● มีการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย	● มีการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายน้อยมาก
● โครงสร้างอาหารเปลี่ยนไปและมีการหดตัว	● โครงสร้างของอาหารเปลี่ยนแปลงน้อยมาก
● การคืนตัวทำได้ช้าและไม่สมบูรณ์	● คืนตัวได้รวดเร็วและค่อนข้างสมบูรณ์
● กลิ่นและรสชาติมักเปลี่ยนไปจากธรรมชาติ	● กลิ่นและรสชาติเหมือนปกติ
● ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักมีสีคล้ำ	● ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเกือบเหมือนธรรมชาติ
● คุณค่าทางโภชนาการลดลง	● รักษาสารอาหารส่วนใหญ่ให้คงเหลืออยู่ได้
● ค่าใช้จ่ายต่ำ	● ค่าใช้จ่ายสูงมาก

ที่มา : นิธิยา (2553)

ขั้นตอนแรกของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง คือ แช่แข็งอาหารให้แข็งใน freezing equipment อาหารชิ้นเล็กๆ จะแข็งตัวอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กๆ เพราะจะไม่ทำลายโครงสร้างเซลล์ของอาหาร หากอาหารเป็นของเลว อาจแช่แข็งโดยใช้วิธีช้าได้ หลังจากนั้นนำอาหารแช่แข็งไปใส่ในตู้ Freeze drier ที่ลดความดันลงต่ำประมาณ 4.58 ทอรร์ (610.5 พาสคาล) ซึ่งจะทำให้ความดันไอน้ำในอาหารลดต่ำลงด้วย น้ำที่อยู่ในสภาพน้ำแข็งจะระเหิดกลายเป็นไอ โดยไม่หลอมละลายเป็นของเหลว และไอน้ำที่เกิดขึ้นจะถูกดูดออกไปด้วยปั๊มสุญญากาศ และกลั่นตัวบน refrigeration coils (นิธิยา, 2553) สอดคล้องกับสมิต อินทร์ศิริพงษ์ และคณะ (2549) ได้ศึกษาเทคนิคและวิธีการทำให้น้ำตาลสดจากมะพร้าวมีความเข้มข้นเทียบเคียงน้ำผึ้ง โดยไม่อาศัยความร้อน หรือเทคนิควิธีเยือกแข็ง (freeze concentration) ร่วมกับการเหวี่ยงแยกของผสม และวิธีระเหิดน้ำแข็ง (freeze dryer) พบว่าสามารถรักษาสารอาหาร รส และกลิ่นตามธรรมชาติของน้ำตาลสดไว้ได้ จากข้อมูล เมื่อนำน้ำตาลสด 17.8 °Brix RDS ความหนืด 20.3 centipoise และปริมาณจุลินทรีย์ 5.0x05 CFU มาทำให้เข้มข้นโดยการเยือกแข็งน้ำและเหวี่ยงแยกจะมีค่าความหวาน 38 °Brix RDS ความหนืด 43.7 centipoise และปริมาณ จุลินทรีย์ 0.4x05 CFU จากนั้นนำน้ำตาลสดเข้มข้นที่ได้มาผ่านการระเหิดน้ำแข็งจะมีค่า ความหวาน 57 °Brix RDS ความหนืด 116.4 centipoise และปริมาณจุลินทรีย์ 0.20x105 CFU ขณะที่น้ำผึ้งแท้เจือจาง 50% มีค่าความหวาน 50.5 °Brix RDS ความหนืด 39.8 centipoise และไม่พบจุลินทรีย์ น้ำตาลสดเข้มข้นที่ได้ยังคงมีกลิ่นและรสชาติของน้ำตาลสดแต่หวานกว่าเดิม

ตารางที่ 2.7 หน่วยของความดันไอน้ำในอาหารแช่เยือกแข็ง

หน่วยของความดัน		
พาสคาล(Pascal, Pa)	=	นิวตันต่อตารางเมตร
1 บาร์ (bar)	=	10^5 พาสคาล
1 บรรยากาศ	=	760 ทอรร์(torr)
1 ทอรร์	=	101,325/760 พาสคาล

ที่มา :นิธิยา (2553)

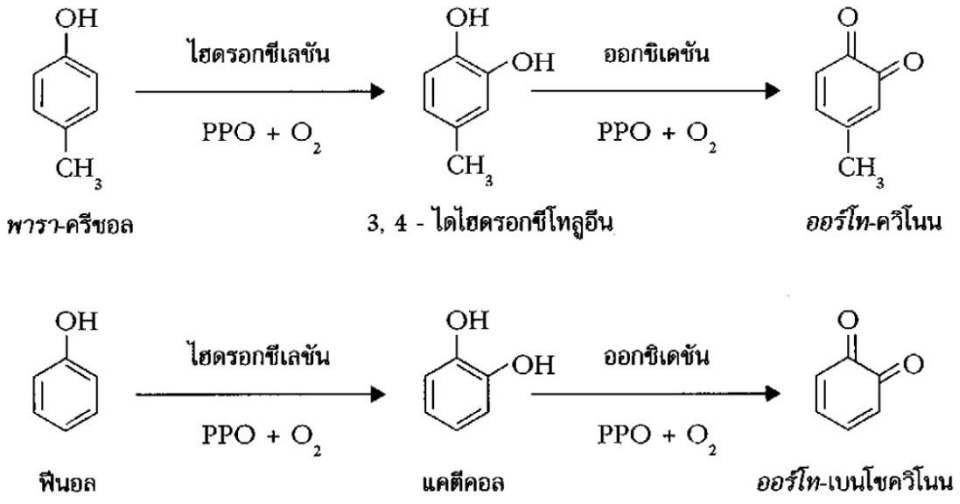
2.11 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารมี 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) ซึ่งจะเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปและระหว่างการเก็บรักษา ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมีทั้งผลดี และผลเสียต่อคุณภาพของอาหาร ดังนั้น การเข้าใจถึงกลไกการเกิดปฏิกิริยานี้จึงมีความสำคัญต่อกระบวนการแปรรูปอาหารเป็นอย่างมาก

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ซับซ้อน เพราะไม่ได้เป็นปฏิกิริยาปฐมภูมิ (primary reaction) แต่เป็นปฏิกิริยาทุติยภูมิ (secondary reaction) หลายๆ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นร่วมกันและให้สารสีที่ผันแปรได้ ถึงแม้จะเป็นอาหารชนิดเดียวกันก็ตาม ตัวอย่างเช่น การปอกเปลือกมันฝรั่ง อาจทำให้เกิดสีแดง น้ำตาล หรือดำก็ได้ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทั้งสองแบบนี้สามารถยับยั้งได้โดยใช้สารประกอบซัลไฟต์ แต่ซัลไฟต์อาจทำให้ผู้บริโภคบางคนเกิดการแพ้ได้ เช่น ทำให้มีอาการหอบหืด ดังนั้น คณะกรรมการอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา จึงได้กำหนดปริมาณซัลไฟต์ที่ยอมให้มีได้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

2.11.1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์

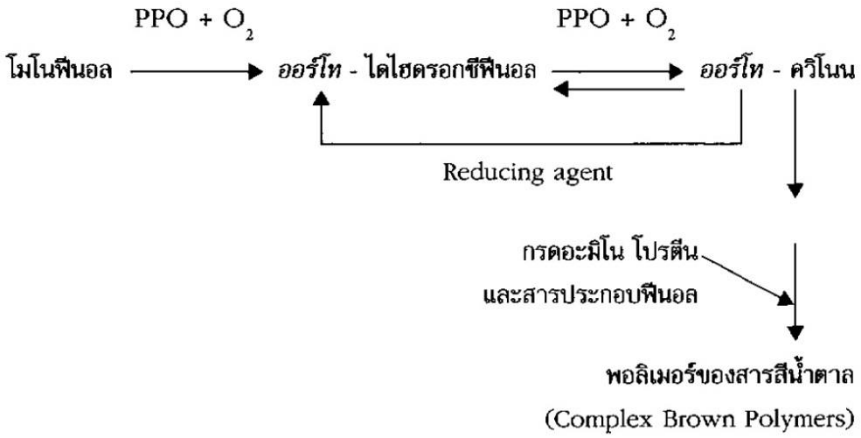
ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ เป็นปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในพืชและอาหารทะเล (shellfish) ในภาวะที่มีออกซิเจนในอากาศและเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) จะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซีเลชันได้เป็นออร์โท-ไดฟีนอล (o-diphenol) และจะถูกออกซิไดส์ ต่อได้เป็นออร์โท-ควิโนน (o-quinone) เอนไซม์ PPO อาจมีชื่อเรียกว่า ไทโรซิเนส (tyrosinase) ไดฟีนอลออกซิเดส (o-diphenol oxidase) หรือแคตีคอลออกซิเดส (catechol oxidase) สารประกอบฟีนอลที่ถูกออกซิไดส์ได้ด้วยเอนไซม์ PPO ได้แก่ แคตีชิน (catechins) เอสเทอร์ของกรดซินนามิก (cinnanic acid ester) 3, 4 – ไฮดรอกซีฟีนิลอะลานีน (3, 4 –hydroxyphenylalanine หรือ DOPA) และไทโรซีน พีเอชที่เหมาะสมสำหรับเอนไซม์ PPO อยู่ในช่วง 5-7 เป็นเอนไซม์ที่ไม่คงตัว ถูกทำลายได้ด้วยความร้อน และถูกยับยั้งได้ด้วยกรดแฮไลด์ (halides) กรดฟีนอลิกซัลไฟต์คีเลติ้งเอเจนต์ (chelating agents) และรีดิวซิงเอเจนต์ (reducing agents) เช่น กรดแอสคอร์บิก และซิสเตอีน (cysteine) เป็นต้น



ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์

ที่มา : นิธิยา (2553)

ควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮดรอกซีเลชันและออกซิเดชัน จะรวมตัวกัน และเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลอื่นๆ หรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาลโดยไม่ต้องอาศัยเอนไซม์เป็นตัวเร่ง



ภาพที่ 2.4 ปฏิกิริยาของออร์โท-ควิโนน

ที่มา : นิธิยา (2553)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์นี้เป็นปัญหาสำคัญในการแปรรูปผลไม้หลายชนิด ได้แก่ แอปเปิล ท้อ สาลี่ กล้วย องุ่น รวมทั้งผัก เช่น มันฝรั่ง เห็ด และผักสลัด เพราะมีสารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นตามรอยตัดของผักและผลไม้ เนื่องจากปฏิกิริยาของออร์โท-ควิโนน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและพอลิเมอไรเซชันของสารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังเกิดขึ้นในอาหารทะเลบางชนิด เช่น กุ้ง ปู และลอบสเตอร์ เมื่ออาหารเกิดสีน้ำตาล จะทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง และยังอาจทำให้เกิดปัญหากับผักและผลไม้ทำแห้งและแช่เยือกแข็งอีกด้วย ข้อดีของปฏิกิริยานี้คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีสีและรสชาติดีขึ้น เช่น ลูกเกด ลูกพรุน กาแฟ ชา และโกโก้ ซึ่งต้องทำให้เกิดสีน้ำตาล รวมทั้งมีกลิ่นและรสชาติดี การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ในผักและผลไม้บางชนิดทำได้โดยการลวกเพื่อยับยั้งและทำลายเอนไซม์ PPO แต่วัตถุดิบบางชนิดหากนำไปลวกจะมีผลกระทบต่อกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส เช่น หัวหอม

การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในอาหาร

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ในอาหารจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสี และอาหารบางชนิดมีรสชาติเปลี่ยนแปลงไปด้วย จึงมีผลเสียเพราะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การควบคุมไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ทำได้หลายวิธี จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิดด้วย ตัวอย่างเช่น

1. ใช้ความร้อนทำลายเอนไซม์ฟีนอเลสโดยการลวกผักด้วยไอน้ำ
2. ใช้สารเคมียับยั้งการทำงานของเอนไซม์ฟีนอเลส
3. เติมสารรีดิวซิงเอเจนต์
4. กำจัดออกซิเจน
5. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสับสเตรตที่มีอยู่ตามธรรมชาติ

การยับยั้งอาจใช้ 2-3 วิธีร่วมกันก็ได้ แต่การลวกด้วยไอน้ำใช้กับผลไม้ไม่ได้ เพราะจะทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ และทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มลง อย่างไรก็ตามสามารถใช้ความร้อนยับยั้งเอนไซม์ในน้ำผลไม้และเนื้อผลไม้เข้มข้นได้ เอนไซม์นี้จะถูกทำลายได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส ในการทำลายเอนไซม์ และควรมีการศึกษาหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำลายเอนไซม์ฟีนอลเลสในผักหรือผลไม้แต่ละชนิด ภายหลังการลวกแล้วต้องทำให้ผักเย็นลงอย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาคุณภาพของอาหารไว้ให้ดีที่สุด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารเคมีที่ยับยั้งเอนไซม์ฟีนอเลสได้ดีที่สุด เป็นการยับยั้งแบบไม่กลับคืน นิยมใช้กับผลไม้ทำแห้ง เช่น ลูกเกด แต่มีข้อเสียคือ ทำให้เกิดกลิ่น ถ้าใช้มากเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และทำให้ผู้บริโภคบางคนแพ้ได้ สอดคล้องกับเบญจพร (2550) ได้ศึกษาผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ของการลวกฝรั่ง

เพื่อนำไปอบแห้งและพัฒนาเป็นคุณภาพฝรั่งอบแห้งปรุงรส และได้ระยะเวลาในการลวกฝรั่งเพื่อทำลายเอมไซม์มีผลต่อปฏิกิริยาสีน้ำตาล ได้ศึกษาวีธีการลวกฝรั่งด้วยด้วยน้ำเดือดที่ระยะเวลาการลวก 0, 15, 30, 45 และ 60 วินาที พบว่าการลวกฝรั่งด้วยน้ำร้อน 60 วินาที เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมกับการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด และ สอดคล้องกับ ดรุณี (2550) ศึกษาเรื่องการพัฒนากระบวนการผลิตกล้วยน้ำว้าผงโดยวิธีทำแห้งแบบโฟมแมท โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต กล้วยน้ำว้าผง ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และชนิดของสารที่ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อกล้วยน้ำว้าสุกหนา 0.5 ซม. พบว่าการลวกในไอน้ำเดือดนาน 5 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้ และการแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2 กับสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบต์ซัลไฟต์ร้อยละ 0.1 นาน 15 นาที จากนั้นลวกด้วยไอน้ำเดือดนาน 5 นาที สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้

2.11.2 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์

ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (caramelization) คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลด้วยความร้อนสูง และมีการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) ของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว เรียกว่า คาราเมล (caramel) http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0223/caramelization-ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2558)

ภาพที่ 2.5 ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล
ที่มา : พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2558)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนี้เกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อน มีการสูญเสียน้ำ (dehydration) มีการสลายตัว (degradation) และมีการรวมตัวกัน (condensation) พัฒนาเป็นสารสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล และมีกลิ่นเฉพาะ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลงด้วย ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง เช่น เกิดขึ้นในระหว่างการคั่วเมล็ดกาแฟ ถั่วลิสง และโกโก้ การไหม้ของน้ำตาล (sugar caramel) การทอด การอบเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ขนมอบ และการปิ้ง-ย่าง-เผา อาหาร เป็นต้น อาหารบางชนิดเมื่อเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะทำให้มีคุณภาพด้านสี กลิ่น และรสชาติดีขึ้น แต่ก็มีอาหารบางชนิดที่ไม่พึงประสงค์จะทำให้เกิดปฏิกิริยา

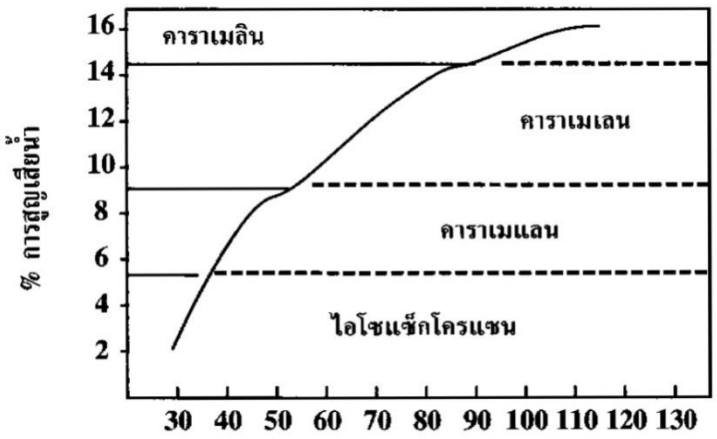
สีน้ำตาลนี้ สอดคล้องกับจารุวรรณ และคณะ (2550) ได้ศึกคุณภาพสีของกล้วยแผ่นในระหว่างการอบแห้งพบว่าการอบแห้งกล้วยแผ่นที่ได้หลังจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70-100 องศาเซลเซียส เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะพบว่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส กล้วยแผ่นโดยรวมแล้วเริ่มจะมีสีน้ำตาลปรากฏ และมีสีน้ำตาลค่อนข้างแดงที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สีของกล้วยตัวอย่างไม่ค่อยสม่ำเสมอ โดยมีความอ่อน-เข้มที่แตกต่างกัน ซึ่งสีน้ำตาลเข้มที่สุดบริเวณรอบจุดศูนย์กลางของกล้วย เนื่องจากบริเวณนี้มีปริมาณน้ำตาลมากกว่าบริเวณอื่น การอบแห้งกล้วยที่อุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่แตกต่างกัน เริ่มมีความแตกต่างกันโดยมีสีน้ำตาลมากขึ้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะพบว่าสีของกล้วยแผ่นที่ได้หลังการอบแห้ง สำหรับอุณหภูมิการอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส จัดอยู่ในกลุ่ม GREYED-ORANGE 163C โดยให้สีน้ำตาลเข้มมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงนั้นอิทธิพลของอุณหภูมิจะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้สูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ แม้ว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่า

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ยังจำแนกแยกย่อยออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. การเกิดคาราเมไลเซชัน (caramelization)
2. การเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนีลและเอมีน (carbonyl-amine reaction)

อย่างไรก็ตาม ทั้งสองปฏิกิริยามีอินเทอร์มีเดียตและโปรดักต์สุดท้ายเหมือนกัน

1) การเกิดคาราเมไลเซชัน (caramelization) เป็นการใช้ความร้อนสลายโมเลกุลให้แยกออกและเกิดพอลิเมอไรเซชัน ปฏิกิริยานี้มีสารเริ่มต้นเป็นน้ำตาลเท่านั้น เช่น การเผาน้ำตาลซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จะสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุลของน้ำตาลซูโครสประมาณ 5.5% โดยไม่เกิดการสลายตัวได้เป็นสารไอโซแซ็กโครแซน (isosacchrosan) ซึ่งมีสูตรเป็น $C_{12}H_{20}O_{10}$ เมื่อสารนี้ได้รับความร้อนนานขึ้นจะสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 9% คือสูญเสียน้ำออกไปอีก 2 โมเลกุล และน้ำตาลซูโครส 2 โมเลกุล รวมตัวกันเป็นคาราเมแลน (caramelan) มีสูตรเป็น $C_{24}H_{36}O_{18}$ สารนี้ละลายน้ำและไดอะไลส์ได้ (dialyzable) เมื่อได้รับความร้อนนานขึ้นอีกจะสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 13.6% และเกิดการรวมตัวกันของน้ำตาลซูโครส 3 โมเลกุล มีน้ำสูญเสียออกไป 8 โมเลกุล ได้เป็นสารใหม่ เรียกว่า คาราเมเลน (caramelen) มีสูตร $C_{36}H_{50}O_{25}$ หากยังคงให้ความร้อนต่อไปอีก จะเกิดเป็น ฮิวมิน (humin) ซึ่งเป็นสารสีดำที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า คาราเมลิน (caramelin) สารประกอบที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำตาลได้รับความร้อนสูง แสดงดังภาพที่ 2.6

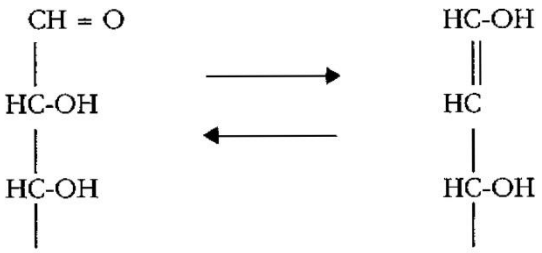


ระยะเวลา (นาที) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
ปฏิกิริยาคาราเมไลเซชันของน้ำตาลซูโครส

ภาพที่ 2.6 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์
ที่มา : นิธิยา (2553)

สำหรับน้ำตาลฟรักโทสจะเกิดปฏิกิริยาไดแอนไฮไดรด์ (dianhydrides) และเกิดสีน้ำตาลในภายหลังเช่นเดียวกัน สารอินเทอร์มีเดียตของปฏิกิริยา คือ ดีออกซีแอลโดซูโลส (deoxyaldosulose) ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็น 5 - (ไฮดรอกซีเมทิล) 2 -เฟอราลดีไฮด์

เมื่อน้ำตาลอยู่ในรูปสารละลายในน้ำ การเกิดปฏิกิริยาคาราเมไลเซชันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำตาล พีเอช และอุณหภูมิ สำหรับพีเอชที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง ปฏิกิริยาเริ่มต้นจะเป็น sugar enolization คือ มีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้



หลังจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสารอินเทอร์มีเดียต คือ ดีออกซีแอลโดซูโลส ก่อนที่จะเปลี่ยนต่อเป็นกรดแซ็กคารินิก (saccharinic acid) แทนที่จะเป็นเฟอราลดีไฮด์ เมื่อได้รับความร้อนต่อไปจะเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวกันได้เป็นสารสีน้ำตาล ทั้งสองกรณีที่เกิดขึ้นโมเลกุลของน้ำตาลจะสลายตัวและเกิดการสูญเสียน้ำ เพื่อเปลี่ยนเป็นสารประกอบคีโตน เฟอเรน (feranes) แอซีตัล

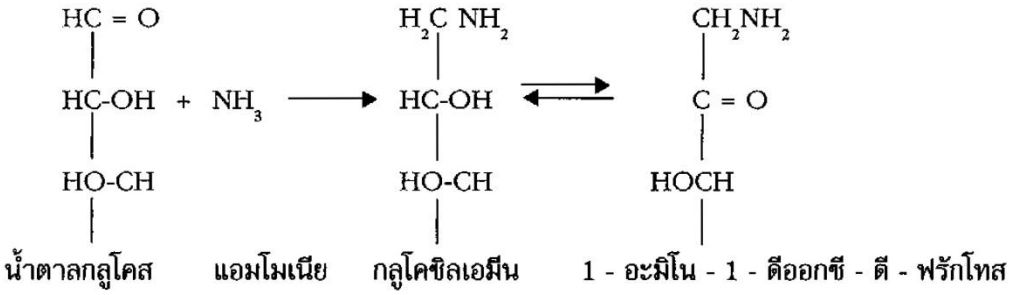
(acetals) กรดอินทรีย์และเอสเทอร์ ซึ่งสารเหล่านี้จะทำให้เกิดกลิ่น และเมื่อเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ก็จะกลายเป็นสารสีน้ำตาล กลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน เป็นแอลดอลคอนเดนเซชัน (aldol condensation) มีดังนี้

$$CH_3 - CH = O + CH_3 - CH = O \longrightarrow CH_3 - CHOH - CH_2 - CH = O$$

แอซีตัลดีไฮด์ แอลดอล

ปฏิกิริยาคาราเมไลเซชันถูกเร่งได้โดยแอมโมเนียหรือเอมีน ทำให้น้ำตาลรวมกับแอมโมเนีย หรือเอมีนเป็นไกลโคซิลเอมีน ปฏิกิริยานี้เรียกว่า nonenzymic carbonyl-amine หรือ Maillard reaction ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในอาหารจึงเป็น Maillard reaction

กลิ่นและรสชาติของอาหารที่เกิดจากปฏิกิริยาคาราเมไลเซชันจึงอธิบายว่าเป็นกลิ่นคล้ายคาราเมล (caramel-like) สารให้รสชาติที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบคาร์บอนิลกับเอมีน ค่อนข้างจะผันแปรขึ้นอยู่กับชนิดของเอมีนที่จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบคาร์บอนิล สารสีที่เกิดจากปฏิกิริยาคาราเมไลเซชันจะประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เรียกว่า คาราเมล (caramel) แต่สารสีที่เกิดจากปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอนิลกับเอมีนยังมีไนโตรเจนด้วย จึงเรียกว่า เมลานอยดิน (melanoidins) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาโมลต่อโมล (mole per mole reaction) เมื่อน้ำตาลกลูโคสรวมกับแอมโมเนียแล้วจะเกิดการเรียงตัวใหม่ ดังนี้



ปฏิกิริยาการเรียงตัวใหม่เป็น enolization ของน้ำตาล ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Amadori rearrangement ได้เป็น 1 - อะโมโน - 1 - ดีออกซี - คีโตส ซึ่งทำให้เกิดสารประกอบคาร์บอนิลได้มากมาย โดยใช้ pathway อื่นๆ สารที่เกิดขึ้นใหม่ เช่น รีดักโตน (reductones) ดีออกซีเฮกโซโซน (deoxyhexosones) และเฟอรัลดีไฮด์ (furaldehydes)

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการคั่ว (roasted products) สารให้กลิ่นที่เกิดขึ้นจะเป็นไพราซีน (pyrazines) และอิมิดาโซล (imidazoles) สอดคล้องกับรุ่งทิพย์ (2549) ศึกษาเรื่อง

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกระบวนการทำแห้งลำไย (Euphoria longana Lam) มาทำแห้งโดยเรียงชั้นเดียวที่อุณหภูมิการทำแห้งแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาในการทำแห้ง คือ 47 35 และ 28 ชั่วโมง สำหรับการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า อัตราเร็วของการทำแห้งเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิ ในการทำแห้งเพิ่มขึ้น สำหรับลำไยทำแห้งที่ศึกษามีปริมาณน้ำตาลที่พบมาก 3 ชนิด คือ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และ น้ำตาลฟรุกโทส ซึ่งน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโทส เป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ด และน้ำตาลทั้ง 2 ชนิดยังสามารถเกิดจากการแตกตัวของน้ำตาลซูโครสเมื่อใช้ความร้อนที่สูง และ สุดารัตน์ และคณะ (2551) ศึกษาเรื่อง ผลของปริมาณไขมันและความร้อนระดับสเตอริไลส์ต่อคุณภาพสีของน้ำกะทิ ผลของปริมาณไขมันและความร้อนในระดับสเตอริไลส์ต่อคุณภาพสีของน้ำกะทิ ในระบบค่าสี Hunter L, a, bพบว่าปริมาณไขมันและความร้อนในระดับสเตอริไลส์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำกะทิ คือเมื่อปริมาณไขมันและความร้อนเพิ่มขึ้น สีของน้ำกะทิจะมีลักษณะที่คล้ำ ปริมาณน้ำกะทิที่ผ่านการให้ความร้อน มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับปริมาณไขมันและระดับความร้อนที่ใช้ในการทดลอง คือเมื่อปริมาณของไขมันและความร้อนที่สูงขึ้นลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่า Non-enzymatic Browning Index

2) การเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนีลและเอมีน(carbonyl-amine reaction)

สำหรับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในอาหาร หากมีแอมโมเนียอิสระจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบคาร์บอนิลก่อน ส่วนเอมีนจะได้มาจากกรดอะมิโน เพปไทด์ โปรตีน และวิตามินบีหนึ่ง (ไทอะมีน) หากปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดสีน้ำตาลเข้มและจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาดีคาร์บอนซิเลชันของกรดอะมิโนด้วย ซึ่งเรียกว่า Strecker degradation นอกจากนี้กรดอะมิโนยังอาจทำปฏิกิริยากับสารประกอบไดคาร์บอนิล (dicarbonyl compound) ได้ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

Strecker aldehydes ที่เกิดขึ้นจะมีบทบาทต่อรสชาติของอาหารเท่าๆ กับสารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบอื่นๆ

สารประกอบคาร์บอนิลและเอมีนที่มีความคงตัวต่ำและสลายตัวได้ง่าย จะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ที่อุณหภูมิห้อง เช่น ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนั้น น้ำตาลชนิดรีดิวซิง (reducing sugar) เช่น น้ำตาลกลูโคสและฟรักโทสจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่า น้ำตาลชนิดนอน-รีดิวซิง (non-reducing sugar) เช่น น้ำตาลซูโครส จนกว่าน้ำตาลซูโครสจะถูกไฮโดรไลส์เป็นน้ำตาลรีดิวซิง สำหรับน้ำตาลรีดิวซิงแต่ละชนิด น้ำตาลฟรักโทสเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าน้ำตาลกาแล็กโทสและกลูโคส ตามลำดับ

กรดอะมิโนที่มีสมบัติเป็นด่าง เช่น ไลซีน และกรดอะมิโนที่เป็นอนุพันธ์เอไมด์ เช่น แอสปาราจีนและกลูตามีน จะเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่ากรดอะมิโนที่มีสมบัติเป็นกรดและเป็นกลาง อัตราเร็วของปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นภาวะที่สารมีความเข้มข้นสูงและอุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วที่สุด เนื่องจากเกิด autocatalytic อัตราเร็วของปฏิกิริยานี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 3-5 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10 องศาเซลเซียส ดังนั้น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะชะลอปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลให้ช้าลงได้ นอกจากนี้ ปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนิลกับเอมีนยังสามารถยับยั้งได้เมื่อพีเอชต่ำลง เช่น ที่พีเอช 3 น้ำตาลจะมีความคงตัวมากที่สุดอยู่ในรูปpyranose hemiacetal ring เมื่อพีเอชสูงขึ้น น้ำตาลจะเปลี่ยนรูปเป็น reactive acyclicaldehyde ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยา sugar-amine condensation อย่างรวดเร็ว

น้ำหรือ a_w ก็เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เช่น ในภาวะแห้งน้ำตาลกลูโคสกับกรดอะมิโนไกลซีนจะคงตัวและไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ถึงแม้จะมีอุณหภูมิสูงถึง 50 องศาเซลเซียส เมื่อมีน้ำเพียงเล็กน้อยปฏิกิริยาสีน้ำตาลก็จะเกิดขึ้นทันที ดังนั้นที่อุณหภูมิต่ำการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจึงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลเป็นรูป reactive aldehyde แต่ที่อุณหภูมิสูงการเกิด dehydration ของน้ำตาลจะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเพราะมีน้ำเกิดขึ้น อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะช้าลงอีกครั้งเมื่อมีปริมาณน้ำมากจนทำให้สับสเตรตเจือจางลง ซึ่งปริมาณน้ำสูงสุดสำหรับปฏิกิริยาสีน้ำตาลคือ ประมาณ 30%

ออกซิเจนไม่มีผลต่อปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ นอกจากออกซิเจนจะช่วยออกซิไดส์สารอื่นให้เป็นรูปที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาได้ ดังนั้น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนี้จึงเกิดขึ้นได้ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ส่วนแร่ธาตุที่มีผลต่อปฏิกิริยาสีน้ำตาล ได้แก่ ไอออนทองแดง เหล็ก และสังกะสี

การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ดีที่สุด คือ การกำจัดสารที่เป็นสับสเตรตของปฏิกิริยา น้ำตาลกลูโคสค่อนข้างเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ช้ากว่าน้ำตาลชนิดอื่น ดังนั้นสามารถออกซิไดส์ให้เป็นกรดกลูโคนิกได้ด้วยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส

การล้างก็เป็นวิธีการง่ายๆ ที่ช่วยลดปริมาณน้ำตาลและกรดอะมิโนออกไปได้ เพราะสารเหล่านี้ละลายได้ดีในน้ำ สำหรับอาหารบางชนิด เช่น มันฝรั่ง การเก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำตาลเปลี่ยนเป็นสตาร์ช จะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลให้น้อยลงระหว่างการแปรรูป หรือระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ภาวะที่ใช้แปรรูปอาหารควรใช้อุณหภูมิต่ำที่สุด เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลน้อยที่สุด รวมทั้งปรับระดับของปริมาณน้ำในอาหารให้น้อยลงด้วย หรือเพิ่มมากขึ้นจนทำให้สับสเตรตเจือจางลง การลดพีเอชก็ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ และอาจเพิ่มพีเอชของผลิตภัณฑ์อาหารให้สูงขึ้นตามที่ต้องการได้ในภายหลัง

การใช้สารเคมีใดๆ ที่ช่วยยับยั้งการทำหน้าที่ของหมู่คาร์บอนิลอิสระ หรือสารประกอบคาร์บอนิลอื่นๆ ก็ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ เช่น โซเดียมและโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ จะยับยั้งปฏิกิริยาการรวมตัวของคาร์บอนิลกับเอมีน และยังทำให้เกิดสารประกอบซัลโฟเนตในขั้นตอนหลังๆ ของปฏิกิริยาอีกด้วย ปัจจุบันยังไม่พบว่ามีสารเคมีใดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีเหมือนเกลือโซเดียมและโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

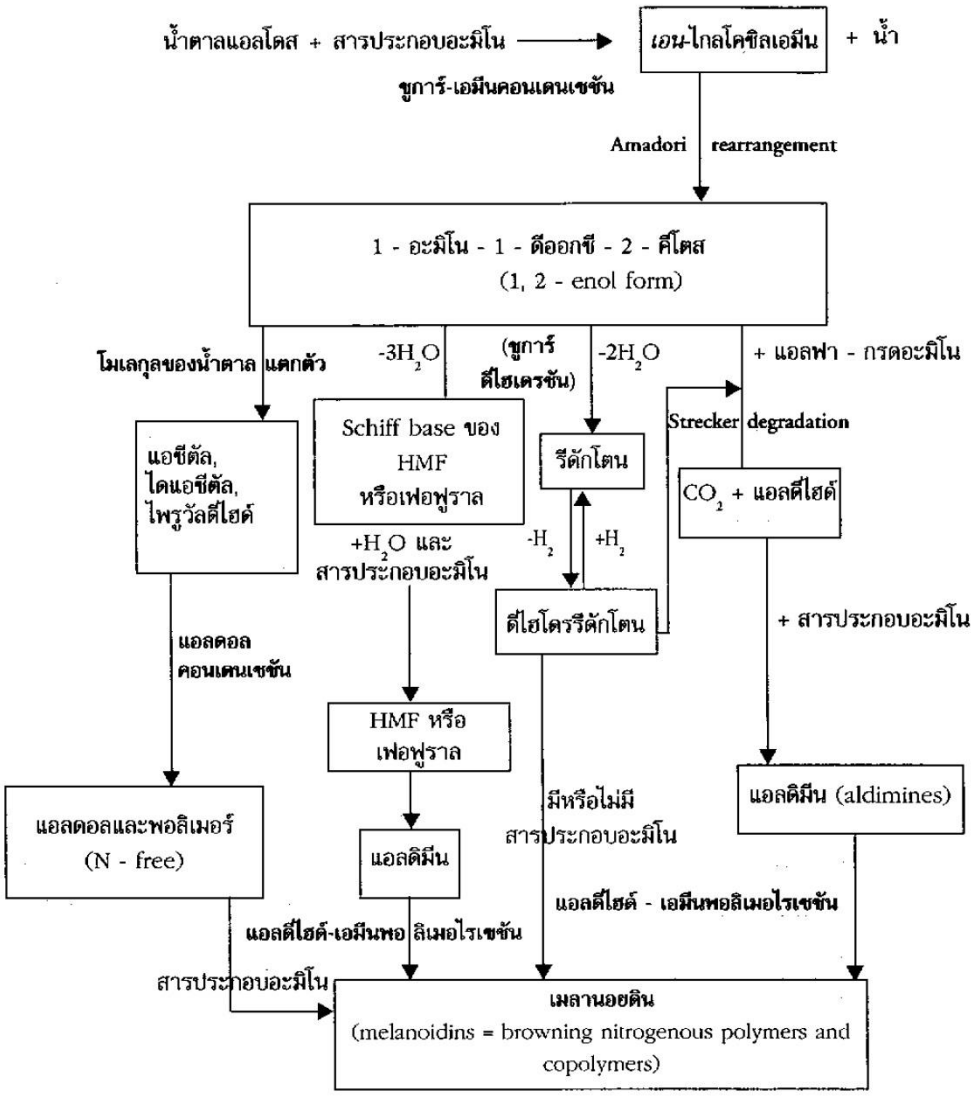
หากสารประกอบคาร์บอนิลเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด การยับยั้งอาจทำได้โดยใช้สารต้านออกซิเดชัน สำหรับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง อาจใช้กรดแอสคอร์บิกได้ แต่ปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ การมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูง อาจทำให้เกิดปฏิกิริยานี้ได้เร็วขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก และ เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกับสารประกอบคาร์บอนิล ผ่านเข้าทางปฏิกิริยาแอลดอลคอนเดนเซชัน หรือทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนได้เป็นสารสีน้ำตาล นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลก็สามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ได้ด้วย สอดคล้องกับ ธีรนุช และคณะ (2554) ได้ศึกษา โดยศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกและการลวก ต่อการเกิดสีน้ำตาลของกล้วยหอมแช่เหยือกแข็งมาผลิตเป็นสมูตตี้ เพื่อให้ได้กล้วยหอมแช่เยือกแข็งที่มีสีสวยงาม พบว่า กรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมแช่แข็งได้ดีกว่าการลวก โดยเมื่อความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกเพิ่มมากขึ้นประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น ถึงแม้การลวกเป็นการทำลายเอมไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลได้ หากทำลายไม่หมดทำให้เกิดผลเสีย ทำให้เกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากกว่า เนื่องจากการลวกและผลึกน้ำแข็ง ทำให้เซลล์เกิดความบอบช้ำทำให้เอมไซม์ทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้น

อย่างไรก็ตามถึงแม้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์นี้ ไม่พึงประสงค์ให้เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด เพราะทำให้คุณภาพของอาหารต่ำลง แต่ก็มีผลิตภัณฑ์อาหารอีกหลายชนิดที่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เพื่อให้อาหารนั้นมีสี กลิ่น และรสชาติดี เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบต่างๆ อาหารขบเคี้ยว นัท และเนื้ออบหรือบาร์บีคิว

การปรุงอาหารโดยใช้ไมโครเวฟจะไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลขึ้น ดังนั้นอาจต้องใช้ browning precursor เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นระหว่างการทำให้อาหารร้อนด้วยเตาไมโครเวฟ นอกจากนี้สารให้กลิ่นที่ระเหยได้หลายชนิดเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างปรุงอาหาร เพื่อทำให้อาหารมีกลิ่นและรสชาติดี ดังนั้น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้ จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร (เช่น Maillard precursor หรือ กรดแอสคอร์บิก) a_w การได้รับออกซิเจน อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นกับผักและผลไม้ สามารถยับยั้งได้โดยการใช้ความเย็นควบคุม a_w ลดปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ใช้เอนไซม์กลูโคสออกซิเดส ลดปริมาณอะมิโนไนโตรเจนในน้ำผลไม้โดยการแลกเปลี่ยนไอออน ใช้สารดูดจับออกซิเจน การใช้ซัลไฟต์ และใช้กรดอะมิโนที่มีหมู่ซัลฟ์ไฮดริล ซึ่งให้ผลดีใกล้เคียงกับซัลไฟต์ ยกเว้นซิสเตอีน (cysteine) ใช้ไม่ใช้ผลกับแอปเปิลแห้ง ขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ ดังแผนภาพที่ 2.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



แผนภาพที่ 2.2 แสดงขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ (Maillard Reaction)

ที่มา : นิธิยา (2553)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบในการทำวุ้นกรอบ

- ผงวุ้น เครื่องหมายการค้า นางเงือก
- น้ำตาลทราย เครื่องหมายการค้า มิตรผล
- น้ำตาลสดจากสวน คุณนงนุช สุขทวี
- น้ำสะอาด

3.1.2 อุปกรณ์ในการทำวุ้นกรอบ

- เครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray dryer) B.W.S-3
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง เครื่องหมายการค้า Sartorius รุ่น ed224s
- ถาดอลูมิเนียมเครื่องหมายการค้า Kitchenware ขนาด 35x45x4.8 ซม.
- เตาแม่เหล็กไฟฟ้า เครื่องหมายการค้า Vzio รุ่น C16-20R
- ช้อนตวงสเตนเลส SUPREME รุ่น S3381
- ทัพพีสเตนเลส ขนาด 4 นิ้ว เครื่องหมายการค้า ตราหัวม้าลาย
- ถ้วยตวงของเหลว 1,000 มิลลิลิตร เครื่องหมายการค้า KITCHEN CRAFT รุ่น JUGS3
- ตะแกรงพักขนม
- แม่พิมพ์วุ้นรูปดอกไม้
- เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ
- นาฬิกาจับเวลา

3.1.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางด้านเคมี

- เครื่องวัดความหวาน (Hand refractometer) เครื่องหมายการค้า ATAGO รุ่น N-1E
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, binder) เครื่องหมายการค้า BINDER รุ่น FED

3.1.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ทางกายภาพ

- เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TAXA2i

3.1.5 อุปกรณ์วิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, binder) เครื่องหมายการค้า BINDER รุ่น FED
- หม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Autoclave) เครื่องหมายการค้า Sanyo รุ่น lado Autoclave
- ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator) เครื่องหมายการค้า BINDER รุ่น BD 115
- เครื่องเขย่าสารในหลอดทดลอง (Mixer Uzusio) รุ่น VTX-3000LX
- อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (Plate Count Agar) เครื่องหมายการค้า HIMEDIA
- เครื่องตีผสมอาหารเลี้ยงเชื้อ (Stomacher) รุ่น 400 Circulator
- ตู้ปลอดเชื้อ (Biological safety cabinet) เครื่องหมายการค้า Heal Force
- เตาให้ความร้อนไฟฟ้า (Hot Plate) เครื่องหมายการค้า Schott
- อ่างน้ำอุ่น (Water bath)รุ่น WB14
- อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์จุลินทรีย์

3.1.6 อุปกรณ์เก็บรักษาผลิตภัณฑ์

- กล่องพลาสติกชนิดโพลิโพไพลีน (PP) ขนาด 6.0x9.2x3.0 ซม.

3.1.7 อุปกรณ์ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

- ตัวอย่างผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบน้ำตาลสด
- แบบสอบถามทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษากระบวนการผลิตสูตรพื้นฐาน

3.2.1.1 การศึกษากระบวนการผลิตสูตรพื้นฐาน

ศึกษาสูตรการผลิตวุ้นกรอบพื้นฐานจำนวน 3 สูตร ที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน เพื่อคัดเลือกสูตรที่มีคุณสมบัติของวุ้นกรอบที่มีลักษณะดีคือ ผิวด้านนอกมีเกล็ดน้ำตาลเคลือบ มีสีสันสวยงาม และมีกลิ่นหอม มีรายละเอียดแสดงดังตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรพื้นฐานการผลิตวุ้นกรอบ

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสมในแต่ละสูตร					
	1 [ก]		2 [ข]		3 [ค]	
	%	g	%	g	%	g
วุ้นผง	1.43	11	2	20	1.75	15
น้ำตาลทราย	52.15	400	50	500	42.11	360
น้ำ	43.81	336	48	480	56.14	480
แป้งท้าวยายม่อม	2.61	20	-	-	-	-

ที่มา : 1[ก] แม่บ้านขนมไทย (2549) 2[ข] ตำราขนมหวาน (2548) 3[ค] วุ้นลอยแก้ว และขนมน้ำแข็ง (2554)

ผสมผงวุ้นกับน้ำ

↓

คนผงวุ้นให้ละลาย ให้ความร้อนจนเดือด นาน 5 นาที

↓

เติมน้ำตาลทราย คนให้ละลาย ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

↓

กรองด้วยผ้าขาวบาง

↓

เทใส่แม่พิมพ์ และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเวลา 1 ชั่วโมง

↓

แกะออกจากแม่พิมพ์ และอบที่ 80 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง

↓

วุ้นกรอบ

แผนภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตวุ้นกรอบสูตรพื้นฐาน

นำวุ้นกรอบจากสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale (1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) เพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสมไปทดลองในข้อต่อไป

3.2.1.2 ศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทราย

การเตรียมน้ำตาลสดสำหรับผสมวุ้นกรอบ โดยนำน้ำตาลสดมากรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อกรองให้แมลงหรือสิ่งเจือปนอื่นๆออก แล้วนำมาเทใส่หม้อสเตนเลสตั้งไฟให้เดือดเวลา 15 นาที ขณะที่น้ำตาลเริ่มเดือดคอยช้อนฟองออก และทิ้งไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำให้มีค่าเริ่มต้น 20°Brix จากนั้นนำมาผลิตเป็นวุ้นกรอบน้ำตาลสดตามขั้นตอนดังนี้

ผสมผงวุ้นกับน้ำ

↓

คนผงวุ้นให้ละลาย ให้ความร้อนจนเดือด นาน 5 นาที

↓

เติมน้ำตาลทราย คนให้ละลายและให้ความร้อนจนเดือด นาน 10 นาที

↓

เติมน้ำตาลสด คนให้เข้ากัน ให้ความร้อนจนได้ที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

↓

กรองด้วยผ้าขาวบาง

↓

เทใส่แม่พิมพ์ และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเวลา 1 ชั่วโมง

↓

แกะออกจากแม่พิมพ์ และอบที่ 80 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง

↓

วุ้นกรอบน้ำตาลสด

แผนภาพที่ 3.2 กรรมวิธีการผลิตวุ้นกรอบน้ำตาลสด

นำวุ้นกรอบที่ได้จาก ข้อ 3.2.1.1 มาศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทราย อัตราส่วน 1:0.2, 1:0.4, 1:0.6 และ1:0.8 แล้วนำวุ้นกรอบน้ำตาลสดไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT เพื่อเลือกอัตราส่วนของน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายที่เหมาะสมไปทดลองในข้อต่อไป โดยทำการทดสอบคุณภาพของวุ้นกรอบ ดังนี้

1) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและความชื้นของวุ้นกรอบ

2) การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer นำตัวอย่างวุ้นกรอบของน้ำตาลสดที่มีขนาดตัวอย่าง 2 x 2 x 1.5 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง) มิลลิเมตร วัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการกด (compression) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยกดลงไปบนตัวอย่างโดยใช้หัวกด P/50 (50 mm Diameter Cylinder Probe) ด้วยความเร็วของหัวกดเคลื่อนที่ลงมาก่อนสัมผัสตัวอย่าง (Pre-test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ลงในตัวอย่าง (Test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และ ความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ขึ้นจากตัวอย่าง (Post-test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยทำการทดลอง 50 ซ้ำ

3) การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-Point hedonic scale (1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT เพื่อเลือกวุ้นกรอบไปทดลองในข้อต่อไป

3.2.1.3 การศึกษาระยะเวลาการให้ความร้อนในการเคี่ยวุ้นกรอบน้ำตาลสด

นำวุ้นกรอบน้ำตาลสดที่ได้การศึกอัตราส่วนของน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายจากข้อ 3.2.1.2 ทำการศึกษาระยะเวลาให้ความร้อนในการเคี่ยวุ้นกรอบ 4 ระดับ ได้แก่ 5, 10, 15 และ 20 นาที นำไปอบที่ 80 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT เพื่อเลือกระยะเวลาการให้ความร้อนในการเคี่ยวุ้นกรอบน้ำตาลสดที่เหมาะสม และนำวุ้นกรอบที่ได้ไปทดสอบคุณภาพในข้อต่อไป

1) ทดสอบปริมาณความชื้นของวุ้นก่อนและหลังทำแห้ง

2) การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วย Texture Analyzer

นำตัวอย่างวุ้นกรอบของน้ำตาลสดที่มีขนาดตัวอย่าง 2 x 2 x 1.5 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการกด (compression) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยกดลงไปบนตัวอย่าง โดยใช้หัวกด P/50 (50 mm Diameter Cylinder Probe) ด้วยความเร็วของหัวกดเคลื่อนที่ลงมาก่อนสัมผัสตัวอย่าง (Pre-test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที

ความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ลงในตัวอย่าง (Test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ขึ้นจากตัวอย่าง (Post-test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการทดลอง 50 ซ้ำ

3) การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-Point hedonic scale (1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (DMRT) เพื่อเลือกวุ้นกรอบไปทดลองในข้อต่อไป

3.2.1.4 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งวุ้นกรอบน้ำตาลสด

นำวุ้นกรอบน้ำตาลสดที่ได้จากข้อ 3.2.1.3 มาทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้ง 4 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT และเพื่อเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งวุ้นกรอบน้ำตาลสด และนำวุ้นกรอบที่ได้ไปทดสอบคุณภาพในข้อต่อไป

1) ทดสอบความสัมพันธ์ของน้ำหนักและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งวุ้นกรอบ

2) การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วย Texture Analyzer นำตัวอย่างวุ้นกรอบของน้ำตาลสดที่มีขนาดตัวอย่าง 2 x 2 x 1.5xซม. (กว้าง x ยาว x สูง) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการกด (compression) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยกดลงไปบนตัวอย่าง โดยใช้หัวกด P/50 (50 mm Diameter Cylinder Probe) ด้วยความเร็วของหัวกดเคลื่อนที่ลงมาก่อนสัมผัสตัวอย่าง (Pre-test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ลงในตัวอย่าง (Test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ขึ้นจากตัวอย่าง (Post-test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการทดลอง 50 ซ้ำ

3) การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-Point hedonic scale (1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT เพื่อเลือกวุ้นกรอบไปทดลองในข้อต่อไป

3.2.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบน้ำตาลสด

นำผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบน้ำตาลสด มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยบรรจุวุ้นกรอบน้ำตาลสดในภาชนะปิดสนิทขนาด 6.0 x 9.2 x 3.0 ซม. ที่สภาวะบรรยากาศปกติแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาตรวจทุกวัน 7 วัน โดยใช้เกณฑ์อ้างอิงของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่อง ลอนตาลกรอบ (มผช.1221/2549) ผลไม้แห้ง (มผช.1471/2550) และ ขนมไทย (มผช.1531/2552) และทำการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.2.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ด้วยวิธี (AOAC, 2012)

3.2.2.2 *Staphylococcus aureus* ด้วยวิธี (AOAC, 2012)

3.2.2.3 ยีสต์และรา ด้วยวิธี (AOAC, 2012)

3.2.2.4 วอเตอร์แอกทิวิตีด้วยวิธี In-house method based on (AOAC, 2012),

3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตวุ้นกรอบจากน้ำตาลสด

4.1.1 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานในการผลิตวุ้นกรอบ

ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานในการผลิตวุ้นกรอบเพื่อเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทดลองผลิตวุ้นกรอบจากน้ำตาลสด พบว่าวุ้นกรอบจากสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร ดังตารางที่ 3.1 มีลักษณะปรากฏที่แตกต่างกัน สูตรที่ 1 มีส่วนผสมของแป้งท้าวยายม่อมมีผลทำให้เนื้อวุ้นมีลักษณะใส มีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวและนุ่ม (อบเชย และขนิษฐา, 2554) และมีเกล็ดน้ำตาลเคลือบที่บริเวณผิวหน้าของวุ้นหนา สูตรที่ 2 ในส่วนผสมมีอัตราส่วนของน้ำตาลทรายสูง จึงส่งผลให้วุ้นกรอบมีลักษณะเกล็ดน้ำตาลที่หนา และมีเกล็ดน้ำตาลขนาดใหญ่ นอกจากนี้วุ้นกรอบที่ได้มีสีเข้มมากกว่าสูตรอื่นๆ เนื่องการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างการให้ความร้อนและการทำแห้ง (นิธิยา, 2557) สูตรที่ 3 วุ้นกรอบมีสีขาวใส มีเกล็ดน้ำตาลขนาดเล็กและเคลือบบางๆ บริเวณผิวหน้าของวุ้นกรอบ ดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 ลักษณะของวุ้นกรอบสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 4.1 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของวุ้นกรอบสูตรพื้นฐาน

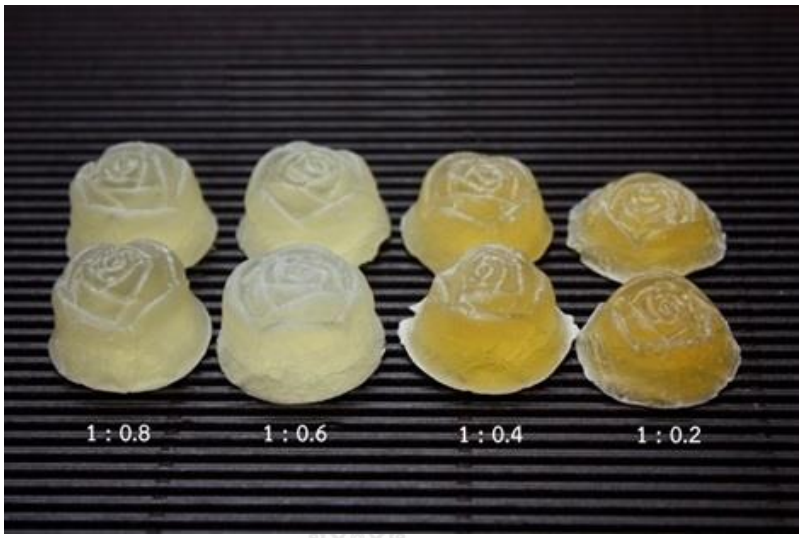
สูตรพื้นฐาน	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	6.70^{b}±1.39	6.83^{b}±1.21	6.53^{b}±1.61	6.40^{b}±1.81	6.60^{b}±1.57	7.23^{a}±1.45
2	6.27^{b}±1.46	5.33^{c}±1.79	5.43^{c}± 1.59	5.71^{c}±2.02	5.47^{c}±1.78	5.93^{b}±1.66
3	7.60^{a}±1.19	7.70^{a}±1.18	7.47^{a}± 1.22	7.40^{a}±1.14	7.33^{a}±1.35	7.63^{a}±1.10

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 เมื่อนำวุ้นกรอบทั้ง 3 สูตร มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบของวุ้นกรอบทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบของวุ้นกรอบสูตรที่ 3 มากที่สุด ซึ่งมีส่วนผสมของน้ำตาลทราย 42.11% (360 กรัม) น้ำ 56.14% (480 กรัม) และ ผงวุ้น 1.75% (15 กรัม) จึงเลือกสูตรที่ 3 ไปทำการทดลองต่อไป

4.1.2 ผลของอัตราส่วนของน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทราย

ผลการศึกษาอัตราส่วนของน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายในการผลิตวุ้นกรอบ โดยนำวุ้นที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลต่างกัน ไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า วุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลทรายต่ำ มีสีเข้มที่สุด นอกจากนี้ยังมีปริมาตรน้อยที่สุด และเกล็ดน้ำตาลบริเวณผิวหน้าน้อยที่สุด ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 วุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายต่างกัน

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและความชื้นของวุ้นกรอบ

น้ำตาลสด ต่อน้ำตาลทราย	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายน้ำ (°Brix)	ปริมาณความชื้น (%)	
		ก่อนทำแห้ง	หลังทำแห้ง
1 : 0.2	$27.97^{d}\pm0.21$	$65.30^{a}\pm0.42$	$14.92^{d}\pm0.16$
1 : 0.4	$38.08^{c}\pm0.16$	$53.35^{b}\pm0.56$	$16.56^{c}\pm0.16$
1 : 0.6	$48.05^{b}\pm0.15$	$49.38^{c}\pm0.44$	$17.18^{b}\pm0.15$
1 : 0.8	$57.02^{a}\pm0.18$	$43.15^{d}\pm0.36$	$18.69^{a}\pm0.13$

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.2 เมื่อนำวุ้นกรอบ มาทดสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและความชื้น พบว่าวุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลทรายต่ำมีการหดตัวมากที่สุด และมีปริมาตรน้อยที่สุด โดยปริมาตรของ วุ้นกรอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำตาลทรายสูงขึ้น เนื่องจากในระหว่างการทำแห้งวุ้นกรอบน้ำในวุ้นจะเคลื่อนที่จากภายในและระเหยออก เมื่อวุ้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูงจะเกิดลักษณะเกล็ดน้ำตาลบริเวณผิวหน้าของวุ้นจำนวนมาก และกีดขวางไม่ให้น้ำที่อยู่ภายในระเหยออกสู่ภายนอก (Ben-Yoseph and Hartel, 1999) จึงทำให้มีปริมาณความชื้นสูงกว่าวุ้นกรอบที่มีปริมาณของแข็ง ที่ละลายน้ำต่ำ ส่งผลให้วุ้นกรอบมีการหดตัวเนื่องจากการระเหยน้ำน้อยกว่าวุ้นกรอบที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในปริมาณน้อย นอกจากนี้ ปริมาณน้ำตาลทรายที่

เพิ่มขึ้น ทำให้สารละลาย มีความเข้มข้นมากขึ้น เมื่อนำไปทำแห้ง มีผลทำให้เกิดเกล็ดน้ำตาลบริเวณผิวหน้าของวุ้นกรอบมากขึ้น (Ben-Yoseph *et al.,* 2000) วุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและมีปริมาณความชื้นหลังการทำแห้งสูงขึ้น ซึ่งมีผลต่อการระเหยน้ำและสีของวุ้นกรอบ พบว่าการระเหยน้ำสูงมีผลให้วุ้นกรอบมีสีเข้มมากกว่าวุ้นกรอบที่มีอัตราการระเหยน้ำต่ำ และสีที่เข้มขึ้นเกิดจาก ปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning reactions) (Nadian *et al.,* 2015) โดยการเกิดสีน้ำตาลดังกล่าวอาจเกิดจากปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซิ่งกับกรดอะมิโน (Baini and Langrish, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ รสิตา (2548) โดยพบว่า ในระหว่างการให้ความร้อนและการระเหยน้ำน้ำตาลสด ทำให้น้ำตาลซูโครสเกิดการสลายตัว (degradation) และเกิดน้ำตาลอินเวอร์ ซึ่งได้แก่ ซูโครส และฟรักโทส ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซิง ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับ เอมีนและไทอะมีนในน้ำตาลมะพร้าวและเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ดังภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายที่ระดับต่างๆ

น้ำตาลสดต่อน้ำตาลทราย	ความแข็ง (g.force)	ความยืดหยุ่น^{ns}
1 : 0.2	11177.43^{a} $\pm$914.29	0.793$\pm$0.05
1 : 0.4	8546.73^{b} $\pm$545.99	0.778$\pm$0.04
1 : 0.6	8654.74^{b} $\pm$586.45	0.770$\pm$0.07
1 : 0.8	10875.11^{a} $\pm$728.44	0.724$\pm$0.22

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ns แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.3 เมื่อนำวุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายที่ระดับต่างๆ ไปทำการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า เมื่ออัตราส่วนของน้ำตาลทรายเพิ่ม มีผลทำให้วุ้นกรอบมีความแข็งเพิ่มขึ้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยหมู่ไฮดรอกซิลน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ทั้งภายในและภายนอกของโมเลกุลน้ำตาล และนอกจากนี้น้ำตาลซูโครส ยังประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรักโตส ซึ่งในโครงสร้างของวุ้นหรืออการ์มีส่วนประกอบของน้ำตาลกลูโคส จึงทำให้น้ำตาลซูโครสกับอการ์สามารถเชื่อมต่อกันได้ดี และเป็นผลให้โครงสร้างของเจลแข็งแรงขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลทราย ซึ่งสอดคล้องกับ การทดลองของ Tang *et al.* (2001) Bayarri *et al.* (2006)

และ Wang *et al.* (2014) และวุ้นกรอบที่อัตราส่วนน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายเท่ากับ 1 : 0.2 มีค่าความแข็งมากที่สุดเนื่องจากการเกิดเกล็ดน้ำตาลที่ผิวหน้ามีน้อย มีผลทำให้น้ำที่อยู่ภายในวุ้นระเหยออกมาได้มากโดยที่ไม่มีเกล็ดน้ำตาลมากีดขวางการระเหยของน้ำที่ผิวหน้า (Ben-Yoseph and Hartel, 1999) จึงทำให้มีค่าความแข็งมากขึ้นโดยปริมาณน้ำตาลทรายไม่ผลต่อความยืดหยุ่นของวุ้นกรอบ

ตารางที่ 4.4 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของวุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายที่ระดับต่างๆ

น้ำตาลสดต่อน้ำตาลทราย	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1 : 0.2	$4.28^{c}\pm2.49$	$4.68^{c}\pm2.22$	$4.53^{c}\pm2.31$	$4.68^{c}\pm2.16$	$3.83^{c}\pm2.16$	$4.43^{c}\pm2.17$
1 : 0.4	$5.73^{b}\pm2.26$	$5.98^{b}\pm2.25$	$5.40^{b}\pm2.06$	$5.68^{b}\pm2.08$	$5.48^{b}\pm2.08$	$5.88^{b}\pm1.96$
1 : 0.6	$6.68^{a}\pm1.54$	$6.98^{a}\pm1.07$	$6.38^{a}\pm1.75$	$6.68^{a}\pm1.30$	$7.00^{a}\pm1.30$	$7.10^{a}\pm1.73$
1 : 0.8	$6.86^{a}\pm2.23$	$7.09^{a}\pm2.06$	$6.57^{a}\pm1.70$	$7.04^{a}\pm2.21$	$7.04^{a}\pm2.21$	$7.11^{a}\pm1.79$

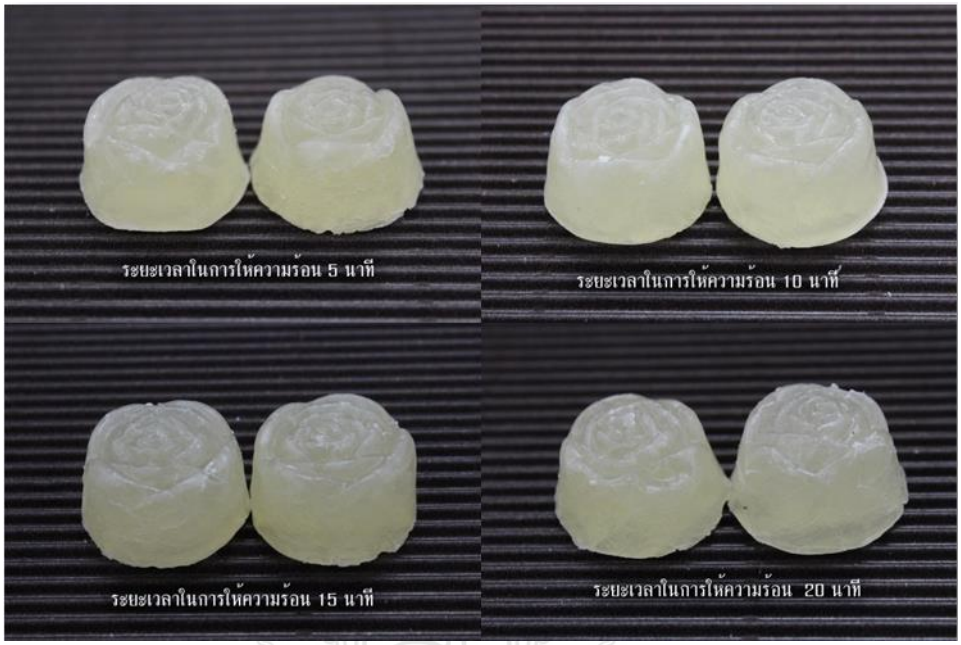
ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบจากการทดสอบชิมมากขึ้น เนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ลักษณะ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวุ้นกรอบที่อัตราส่วนน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายที่ 1 : 0.6 และ 1 : 0.8 ได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด และมีความแตกต่างกันที่อัตราส่วน 1 : 0.2 และ 1 : 0.4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังนั้นจากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำตาลทรายที่น้อยที่สุด ทำให้ได้ลักษณะของวุ้นกรอบที่ดี คือ อัตราส่วน 1 : 0.6

4.1.3 ผลของระยะเวลาในการให้ความร้อนในการเคี่ยววุ้นกรอบน้ำตาลสด

จากการทดลองศึกษาระยะเวลาในการให้ความร้อนในการเคี่ยววุ้นกรอบจากน้ำตาลสด พบว่า เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ได้วุ้นกรอบที่มีลักษณะขาวขุ่น และมีความหนาของเกล็ดน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ดังภาพที่ 4.3 ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากระยะเวลาในการให้ความร้อน

ที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมลดลง ส่งผลให้ความเข้มข้นของส่วนผสมเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปทำแห้งจึงทำให้วุ้นกรอบมีลักษณะเกล็ดน้ำตาลเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.3 วุ้นกรอบที่มีระยะเวลาในการให้ความร้อนที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของวุ้นก่อนและหลังทำแห้ง เมื่อใช้เวลาในการให้ความร้อนต่างกัน

เวลา (นาที)	ปริมาณความชื้น (%)	
	ก่อนทำแห้ง	หลังทำแห้ง
5	$58.62^{a} \pm 0.57$	$20.36^{a} \pm 0.23$
10	$53.09^{b} \pm 0.47$	$17.12^{ab} \pm 0.69$
15	$50.27^{c} \pm 0.28$	$15.08^{b} \pm 0.81$
20	$48.38^{d} \pm 0.38$	$13.40^{b} \pm 0.20$

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 เมื่อนำมาทดสอบปริมาณความชื้นของวุ้นก่อนและหลังทำแห้ง พบว่าน้ำในส่วนผสมจะระเหยในปริมาณมาก เนื้อวุ้นมีความแข็ง จากการทดลองศึกษาระยะเวลาในการให้ความร้อนในการเคี่ยววุ้นกรอบจากน้ำตาลสด พบว่าเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ได้วุ้นกรอบที่มีลักษณะขาวขุ่น และมีความหนาของเกล็ดน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากระยะเวลาในการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมลดลง ส่งผลให้ความเข้มข้นของส่วนผสมเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปทำแห้งจึงทำให้วุ้นกรอบมีลักษณะเกล็ดน้ำตาลเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้นกรอบที่ใช้เวลาในการให้ความร้อนที่ต่างกัน

เวลา (นาที)	ความแข็ง (g.force)	ความยืดหยุ่น^{ns}
5	7212.67^{c}±444.08	0.784±0.05
10	8176.96^{b}±628.91	0.786±0.08
15	10550.94^{a}±519.33	0.787±0.06
20	11217.07^{a}±911.57	0.822±0.02

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ns แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.6 เมื่อนำวุ้นกรอบไปทำการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการให้ความร้อนลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้นกรอบมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านของความยืดหยุ่น ($p>0.05$) แต่มีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อระยะในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมลดลง ทำให้ส่วนผสมมีความเข้มข้นขึ้น ส่งผลให้วุ้นกรอบมีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับ Tang *et al.* (2001) Bayarri *et al.* (2006) และ Wang *et al.* (2014) โดยเมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลทรายทำให้มีความหนาแน่นขององค์ประกอบของสายโซ่ที่มีน้ำตาลกลูโคสเป็นส่วนประกอบมากขึ้น และสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของน้ำตาลของส่วนประกอบของวุ้นได้มากขึ้น จึงทำให้ได้วุ้นที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น

ตารางที่ 4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบที่ใช้เวลาในการให้ความร้อนที่ต่างกัน

เวลา (นาที)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
5	$6.67^{a}\pm1.42$	$6.45^{a}\pm1.23$	$6.92^{a}\pm1.71$	$7.20^{a}\pm1.66$	$7.70^{a}\pm0.93$	$7.37^{a}\pm1.42$
10	$6.62^{a}\pm1.35$	$6.90^{a}\pm1.33$	$6.80^{a}\pm1.40$	$7.17^{a}\pm1.48$	$6.92^{b}\pm1.43$	$7.37^{a}\pm1.05$
15	$5.42^{b}\pm1.75$	$6.90^{a}\pm1.49$	$6.57^{a}\pm1.70$	$6.75^{a}\pm1.83$	$6.20^{c}\pm2.23$	$6.27^{b}\pm1.68$
20	$5.34^{b}\pm1.15$	$6.50^{a}\pm1.39$	$6.67^{a}\pm1.50$	$6.66^{a}\pm1.43$	$6.10^{c}\pm1.43$	$6.57^{b}\pm1.58$

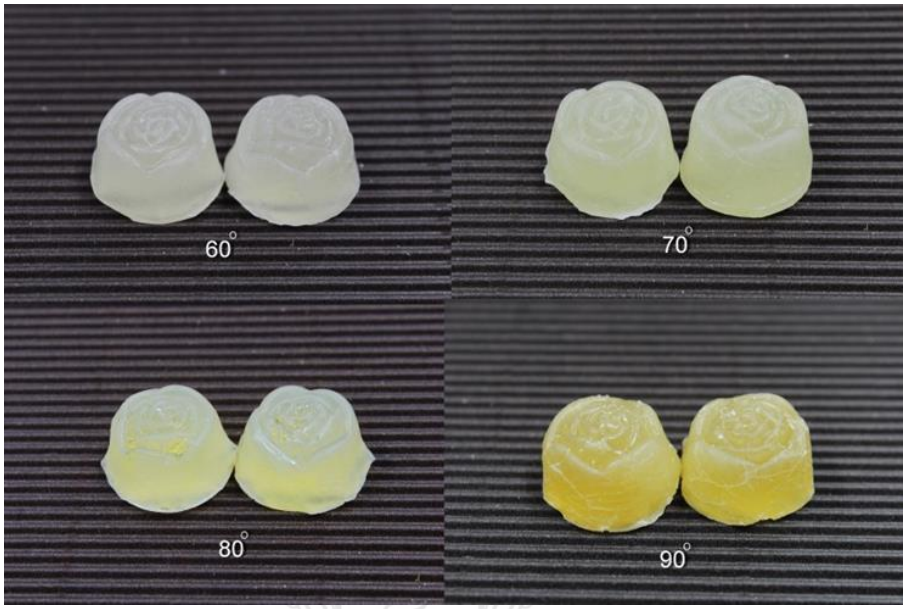
ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านสีและกลิ่นรส ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบลดลงเมื่อเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มมากขึ้น และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบวุ้นกรอบ ที่ใช้เวลาในการให้ความร้อน เป็นเวลา 5 นาที มากที่สุด

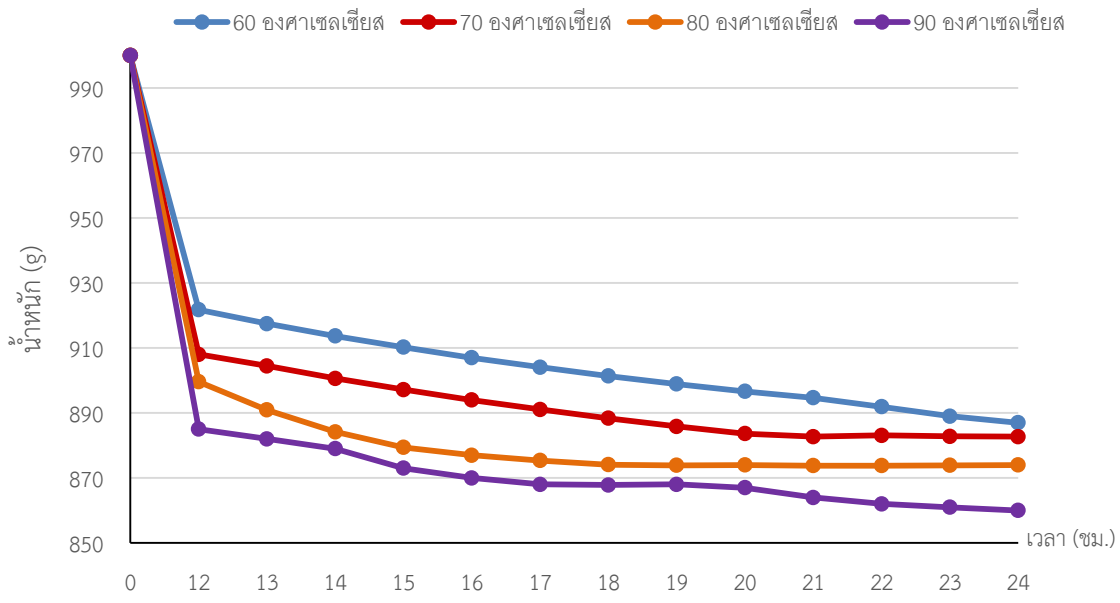
4.1.4 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งวุ้นกรอบน้ำตาลสด

ในกระบวนการผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบต้องนำวุ้นกรอบไปผึ่งแดดหรือการทำแห้งเพื่อลดปริมาณน้ำทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของวุ้นกรอบ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง จึงได้ทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งวุ้นกรอบ พบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ทำแห้งสูงขึ้นมีผลทำให้อัตราการระเหยน้ำของวุ้นกรอบสูงขึ้นในช่วงแรกของการทำแห้ง เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง พบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงสามารถลดปริมาณน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นน้ำหนักของวุ้นมีแนวโน้มลดลงและคงที่ และการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาสั้นกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ สอดคล้องกับการทดลองของ Miranda *et al.* (2010) เนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้มีอัตราการระเหยน้ำสูง ซึ่งการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการทำแห้งมากที่สุดและมีแนวโน้มที่จะน้ำหนักคงที่ที่เวลามากกว่า 24 ชั่วโมง การทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ทำให้วุ้นกรอบมีน้ำหนักคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 20 18 และ 17 ชั่วโมงตามลำดับ และเวลาในการอบลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์

วุ้นกรอบมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Baini and Langrish, 2009) และ (รสิตา, 2548) ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 วุ้นกรอบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิที่ต่างกัน



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งวุ้นกรอบ

ตารางที่ 4.8 ลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้นกรอบที่ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ความแข็ง (g.force)	ความยืดหยุ่น
60	4843.86^{d}±369.57	0.862^{a}±0.05
70	6922.85^{c}±548.28	0.830^{a}±0.03
80	12438.96^{b}±1150.57	0.786^{b}±0.05
90	21398.12^{a}±1868.40	0.779^{b}±0.04

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 เมื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้นกรอบจากเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความแข็งของวุ้นกรอบสูงขึ้น และมีผลทำให้ความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงทำให้มีอัตราการระเหยน้ำที่สูง ทำให้เกิดลักษณะเกล็ดน้ำตาลแข็งที่บริเวณผิวหน้า (Case hardening) จึงทำให้วุ้นกรอบมีความแข็งมากขึ้น (Simal *et al*., 2000) และ (Maranda *et al.,* 2010) และเกิดการสูญเสียน้ำในโครงสร้างร่างแหสามมิติของเจลจากวุ้น ทำให้ลักษณะโครงสร้างของเจลมีความแน่นมากขึ้น และมีความยืดหยุ่นลดลง

ตารางที่ 4.9 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบที่ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
60	6.13^{a}±1.45	7.05^{a}±1.32	6.43^{b}±1.68	6.73^{ab}±1.85	6.00^{c}±1.77	6.25^{b}±1.13
70	7.05^{a}±1.43	7.50^{a}± .36	7.30^{a}±1.02	6.98^{a}±1.46	7.65^{a}±0.86	7.23^{a}±1.10
80	6.75^{ab}±1.19	7.10^{a}±1.41	6.15^{b}±1.75	6.20^{a}±1.84	6.78^{b}±1.10	7.58^{a}±1.13
90	4.65^{c}±1.33	3.23^{b}±1.48	4.93^{b}±1.76	6.85^{ab}±0.86	4.38^{d}±1.39	4.55^{c}±1.80

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบวุ้นกรอบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสน้อยที่สุด เนื่องจาก

ได้วุ้นกรอบที่มีสีเข้ม มีลักษณะเกล็ดน้ำตาลที่บริเวณผิวหน้าหนา (ดังภาพที่ 4.4) และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งมากที่สุด ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบวุ้นกรอบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมากที่สุด โดยวุ้นกรอบมีลักษณะใสไม่ขุ่น มีลักษณะเกล็ดน้ำตาลที่ไม่หนา และละเอียดมากกว่าการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบวุ้นกรอบที่มีลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด จึงเลือกวุ้นกรอบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสไปทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา และคำนวณต้นทุนต่อไป

4.2 ผลการคำนวณต้นทุนวุ้นกรอบน้ำตาลสด

ตารางที่ 4.10 ราคาของวัตถุดิบในการผลิตวุ้นกรอบ 1 กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ราคาต่อกิโลกรัม (บาท)	วุ้นกรอบสูตรควบคุม		วุ้นกรอบสูตรใช้น้ำตาลสดทดแทนน้ำตาลทราย	
		ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ค่าใช้จ่ายในการผลิต (บาท)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ค่าใช้จ่ายในการผลิต (บาท)
ผงวุ้น	216	30	6.48	25.56	5.52
น้ำตาลทราย	29	720	20.88	524.44	15.21
น้ำตาลสด	3	-	-	950	2.85
น้ำเปล่า	10	960	9.60	253.33	2.53
รวม	258	1,710	36.96	1,753.33	26.11

หมายเหตุ : น้ำตาลสดกิโลกรัมละ 3 บาท (http://www.thairath.co.th/tags)

จากตารางที่ 4.10 จากการทดลองที่ผ่านมา สรุปได้ว่า การใช้อัตราส่วนน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทราย ในการผลิตวุ้นกรอบ เมื่อคำนวณต้นทุนการผลิตเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าการผลิตวุ้นกรอบสูตรควบคุมจะมีค่าใช้จ่ายในการผลิต 36.96 บาท และวุ้นกรอบสูตรที่มีน้ำตาลสดเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบ มีค่าใช้จ่ายในการผลิตเท่ากับ 26.11 บาท และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย พบว่าวุ้นกรอบสูตรน้ำตาลสดเป็นส่วนผสม มีต้นทุนการผลิตลดลงถึง 29.35% ทั้งนี้จากการใช้น้ำตาลสดส่งผลให้ปริมาณผลผลิตสูงขึ้น และใช้ปริมาณน้ำตาลทรายลดลง จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตลดลง

4.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บวุ้นกรอบจากน้ำตาลสด

นำวุ้นกรอบที่ได้มาจากข้อ 4.1.4 บรรจุในกล่องพลาสติกชนิดโพลิโพไพลีน (PP) ปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าลักษณะปรากฏของวุ้นกรอบที่เก็บรักษา ยังคงมีลักษณะที่ดีของวุ้นกรอบคือมีเกล็ดน้ำตาลเคลือบที่ผิวหนา สีขาวขุ่นขึ้นเล็กน้อย มีกลิ่นหอม ของน้ำตาลมะพร้าว ลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ ไม่แข็งกระด้าง ซึ่งยังคงเป็นลักษณะที่ดีของวุ้นกรอบ เป็นไปตามมาตรฐานเมื่อเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนลอนตาลกรอบ (มผช.1221/2549) ผลไม้แห้ง (มผช.1471/2550) และ ขนมไทย (มผช.1531/2552) ดังนั้นวุ้นกรอบจากน้ำตาลสดจึง สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 8 สัปดาห์

ตารางที่ 4.11 จำนวนจุลินทรีย์วุ้นกรอบน้ำตาลสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

อายุในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	Water Activity	ปริมาณจุลินทรีย์ (CFU/g)		
		จุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC)	ยีสต์ รา	*S.aureus*
0	0.69	<10	<10	<10
1	0.72	<10	<10	<10
2	0.74	<10	<10	<10
3	0.74	<10	<10	<10
4	0.74	<10	<10	<10
5	0.74	<10	<10	<10
6	0.74	<10	<10	<10
7	0.75	<10	<10	<10
8	0.75	<10	<10	<10

จากตารางที่ 4.11 เมื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์เริ่มต้นหลังจากผลิตและเมื่อ เก็บเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ไม่พบการเจริญโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบจาก น้ำตาลสดมีค่า a_w ต่ำ 0.69-0.75 ซึ่งเป็นช่วงที่แบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และเป็นช่วงที่รา และยีสต์เจริญเติบโตได้ต่ำ (DeMan, 1990) โดย ค่า a_w มีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษา เพิ่มขึ้น เนื่องจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด PP มีคุณสมบัติให้ความชื้นและอากาศซึมผ่านได้ จึงมี ผลทำให้วุ้นกรอบสามารถดูดความชื้นจากอากาศทำให้ a_w สูงขึ้น การเก็บรักษาวุ้นกรอบจาก น้ำตาลสด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ คุณภาพของวุ้นกรอบยังมีคุณภาพ

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษากระบวนการผลิตวุ้นกรอบจากน้ำตาลสด โดยใช้สูตรที่มีส่วนประกอบของผงวุ้น 1.75% น้ำตาลทราย 42.11% และน้ำ 56.14% เป็นสูตรพื้นฐานในการศึกษากระบวนการผลิต ซึ่งอัตราส่วนของน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทราย ระยะเวลาในการให้ความร้อน และการทำแห้งวุ้นกรอบมีผลต่อคุณภาพของวุ้นกรอบ

อัตราส่วนของน้ำตาลทรายที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้อัตราการระเหยน้ำลดลง และทำให้เกิดเกล็ดน้ำตาลที่บริเวณผิวหน้าของวุ้นกรอบมากขึ้น ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบวุ้นกรอบที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลสดต่อน้ำตาลทรายเท่ากับ 1: 0.6 และ 1 : 0.8

เวลาในการให้ความร้อนระหว่างที่ทำการเคี่ยววุ้นมีผลต่อปริมาณความชื้นของวุ้นกรอบ และความแข็งของวุ้นกรอบ เมื่อเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณความชื้นของวุ้นกรอบลดลงและทำให้วุ้นกรอบมีค่าความแข็งสูงขึ้น โดยเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนระหว่างเคี่ยววุ้นคือ 5 นาที

อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งวุ้นกรอบที่สูงขึ้นทำให้ใช้เวลาในการทำแห้งลดลง และมีผลทำให้วุ้นกรอบมีค่าความแข็งสูงขึ้น การทำแห้งวุ้นกรอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะได้วุ้นกรอบที่มีลักษณะเกล็ดน้ำตาลที่มีความละเอียดและได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด

วุ้นกรอบสามารถเก็บรักษาในกล่องพลาสติกปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 8 สัปดาห์ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ และจำนวนจุลินทรีย์

ข้อเสนอแนะ

1. น้ำตาลสดที่นำมาทำวุ้นกรอบ ควรใช้น้ำตาลที่เก็บมาจากจั่นมะพร้าวโดยตรง ไม่ควรใช้น้ำตาสดที่บรรจุขวดและวางจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด เพราะน้ำตาลผ่านกระบวนการผลิตโดยการผสมปูนแดง หรือใส่สารกันบูด เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของน้ำตาลสด

2. ควรศึกษาการนำน้ำตาลสดมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ เช่น ขนมอาลัว ขนมหม้อแกง สังขยา

เอกสารอ้างอิง

กนกพร รังสิมันต์วงศ์. 2548. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลมะพร้าวรูปแบบน้ำเชื่อม.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (สถาบันโภชนาการ). บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยมหิดล

กุลธิดา นิยมเดช และนันทวัน ทับทิมศรี. 2553. วุ้นกรอบเสริมเนื้อลูกตาลสุก. แผนงานพิเศษ สาขาอาหารและโภชนาการ. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ

เกศรินทร์ มงคลวรวรรณ กมลวรรณแจ้งชัด และอบเชย วงศ์ทอง. 2546. อิทธิพลความเข้มข้นของน้ำเชื่อมต่อคุณภาพขนมทองหยอด ทองหยิบ และฝอยทอง. ในเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ : 454-461

จารุวรรณ กุลวิศว สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2550. “ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสารระเหยง่ายและคุณภาพทางกายภาพของกล้วยแผ่น. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่, 30 ฉบับที่ 4 (ตุลาคม-ธันวาคม 2550) : 611-621

จุฑามาศ พีรพัชระ วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ และ อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์. 2555. การสร้างมูลค่าเพิ่มน้ำตาลมะพร้าวของชุมชนจังหวัดสมุทรสงครามเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ

ดรุณี มูลโรจน์. 2550. การพัฒนากระบวนการผลิตกล้วยน้ำว้าผงโดยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมท. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, อุตรดิตถ์

ตรีชฎา อุทัยดา. 2554. “การพัฒนาวุ้นผงเครือหมาน้อยเพื่อสุขภาพ.” ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร. ปีที่, 12 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม) : 22-28

ธมลวรรณ รุจะศิริ และนันทกา เทียนประทีป. 2554. วุ้นกรอบเสริมว่านหางจระเข้. แผนงานพิเศษ สาขาอาหารและโภชนาการ. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ

ธีรเดช ใหญ่บก สุวิทย์ เพชรห้วยลึก จอมภพ แววศักดิ์ มารีนา มะหนิ และภรพนา บัวเพชร. 2553. “การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าภายใต้สภาพภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทย.” วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. ปีที่, 12 ฉบับที่ 3 (ตุลาคม 2552-มกราคม 2553) : 109-118

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ธีรนุช เร่งวัฒนะชัย ภูริวัฏ ลิขิตลือชา และสงวนศรี เจริญเหรียญ. 2554. “การลดการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมแช่เยือกแข็งเพื่อผลิตสมูตตี้” ในเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ : 340-347

นิธิพล งามฉวีวรเวท และพรรณอร ไทรราหู. 2552. การใช้น้ำบีทรูททดแทนน้ำในการทำวุ้นกรอบ. แผนงานพิเศษ สาขาอาหารและโภชนาการ. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2548. ตำราขนมหวาน. สำนักพิมพ์แสงแดด โรงพิมพ์ อักษรสมัย, กรุงเทพฯ

นิรนาม. 2549. หนังสือแม่บ้านขนมไทย. สำนักพิมพ์แม่บ้าน จำกัด, กรุงเทพฯ

นิศารัตน์ สุขเอม และปรัศนี ทับใบแย้ม. 2556. การใช้หล่อฮั้งก๊วยแทนน้ำตาลมะพร้าวในผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำนมข้าวยาคู. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ

เบญจพร รอดอาวุธ. 2550. การพัฒนาคุณภาพฝรั่งอบแห้งปรุงรสของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเขาดิน อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์

ปิติพร ฤทธิเรืองเดช. 2546. คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งเท้ายายม่อมและการนำไปใช้ประโยชน์ในขนมชั้น. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0223/caramelization-ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (18 มีนาคม 2558)

พระมาโนชญ์ โรจนสิริ (บุญมานิตย์). 2548. ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของเกษตรกรชาวสวนผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าว: กรณีศึกษาชาวสวนในเขตตำบลเหมืองใหม่ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาไทยศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

เยาวภา ขวัญดุษฎี. 2554: น.55. วุ้นลอยแก้ว และขนมน้ำแข็ง. สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

รุ่งทิพย์ วงศ์ต่อม. 2549. “การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกระบวนการอบแห้งลำไย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร) บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

รวีกานต์ ทักขิญเสถียร. 2549. วุ้นกรอบเสริมลูกสำรอง. แผนงานพิเศษ สาขาอาหารและโภชนาการ. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ

รสิตา ธัญธรตั้งสกุล. 2548. การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเคี่ยวน้ำตาลมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ลาวรรณ์ บัวสาย. 2551. การพัฒนากรรมวิธีการผลิตขนมเค้กจากเนื้อตาล. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์

วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ จุฑา พีรพัชระ อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์ และสุวรรณ ประทีป ณ ถลาง. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่องน้ำตาลมะพร้าวของชุมชนจังหวัดสมุทรสงคราม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา เครือข่ายอุดมศึกษาภาคกลางตอนล่าง, กรุงเทพฯ

ศิริโภคนันท์ มิ่งเมือง. 2553. ระบบสอบย้อนกลับกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย. การศึกษาอิสระ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น,ขอนแก่น

สมเกียรติ ขันอ่อน. 2552 การพัฒนาและการผลิตสารสกัดจากไม้พะยอมในรูปแบบผงเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลสด. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

สมิต อินทร์ศิริพงษ์ เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์ ขวัญใจ อินทร์ศิริพงษ์. 2549. การศึกษาเทคนิคและวิธีการทำให้น้ำตาลสดเข้มข้นเทียบเคียงน้ำผึ้ง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนลอนตาลกรอบ. มผช.1221/2549.(อัดสำเนา)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549.ผลไม้แห้ง. มผช.1471/2549.(อัดสำเนา)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549. ขนมไทย. มผช.1531/2549.(อัดสำเนา)

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุดารัตน์ พุทธฤกษ์มงคล สุจิตรตรา เหมคช จันทิมา ภูงามเงิน และเกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา. 2551. “ผลของปริมาณไขมันและความร้อนระดับสเตอริไลส์ต่อคุณภาพสีของน้ำกะทิ.” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่, 18 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน) : 80-88

สุรินทร์ แก้วมณี. 2553. ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรดาวเรือง. สัมภาษณ์, วันที่ 7 ธันวาคม 2553

อาลีวรรณ เวชกิจ. 2557. องค์ความรู้ในการปฏิบัติงาน เรื่อง มะพร้าวตาลจังหวัดสมุทรสงคราม. [แบบจัดเก็บองค์ความรู้] เข้าถึงได้จาก : http://www.samutsongkham.doae.go.th/ 8 มกราคม 2557

อาฒยา สันตะกุล อบเชย วงศ์ทอง กาญจนา ลุศนันทน์ และสมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2549. การพัฒนาขนมอาลัวให้ได้สูตรมาตรฐาน. ในเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ : 557-564

อัจฉรา แซ่โค้ว สุภาวรรณ ฏิระวณิชย์กุล และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. 2556. “ปัจจัยของการอบแห้งด้วยแหล่งพลังงานความร้อนแบบการพาและการแผ่รังสีความร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของพริกไทยดำ.” วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. ปีที่, 18 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน) : 166-180

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. 2544. หลักการประกอบอาหาร. สำนักพิมพ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

AOAC. 2012. Official Method of Analysis of AOAC International. 19th ed. AOAC International, Dr.George W., Latimer., Jr. MD, USA, Official Method 2012

Baini, R. and Langrish, T.A.G. 2009.Assessment of colour development in dried bananas-measurement and implications for modelling. **Journal of Food Engineering.** 93: 177-182.

Bayarri, S., Izwuierdo, L., Duran, L. and Costell,E. 2006. Effect of addition of sucrose and aspartame on the compression resistance of hydrocolloids gels. **International Journal of Food Science and Technology**. 41: 980-986

Ben-Yoseph, E. and Hartel, R.W. 1999.Computer modeling of sugar crystallization during drying of thin sugar films. **Journal of Crystal Growth.** 198/199: 1294-1298.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Ben-Yoseph, E., Hartel, R.W. and Howing, D. 2000. Three-dimensional model of phase transition of thin sucrose films during drying. **Journal of Food Engineering**. 44: 13-22.

DeMan, J.M. 1990. **Principles of Food Chemistry**.2nd ed., Van Nostrand Reinhold. New York.

Miranda, M., Beg-Galvez, A., Garcia, P. and Di Scala, K. 2010. Effect of temperature on structural properties of aloe vera *(Aloe barbadensis Miller)* gel and Weibull distribution for modelling drying process. **Food and Bioproducts Processing**. 88: 138-144

Nadian, M.H., Rafiee, S., Aghbashlo, M., Hosseinpour, S. and Mohtasebi, S.S. 2015. Continuous real-time monitoring and neural network modeling of apple slices color changes during hot air drying. **Food and Bioproducts Processing**. 94: 263-274.

Pomeranz, Y., 1991. **Functional Properties of Food Component**. Academic Press, Inc. New York. p 25-62.

Simal, S. Femenia, A., Llull, P. and Rossello, C. 2000. Dehydration of aloe vera: simulation of drying curves and evaluation of functional properties. **Journal of Food Engineering**. 43: 109-114.

Tang, J., Mao, R. Tung, M.A. and Swanson B.G. 2001.Gelling temperature, gel clarity and texture of gellan gels containing fructose or sucrose. **Carbohydrate Polymers**. 44:197-209.

Wang, Z., Yang, K., Brenner, T., Kikuzaki, H. and Nishinari, K. 2014. **Food Hydrocolloids**. 36: 196-203.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ขั้นตอนการทำวุ้นกรอบ

ภาคผนวก ข การคำนวณความหวานของน้ำตาลสด

ภาคผนวก ค มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ภาคผนวก ง แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ก
ขั้นตอนการทำวุ้นกรอบ

ขั้นตอนการทำวุ้นกรอบ

1. ผสมผงวุ้นกับน้ำ

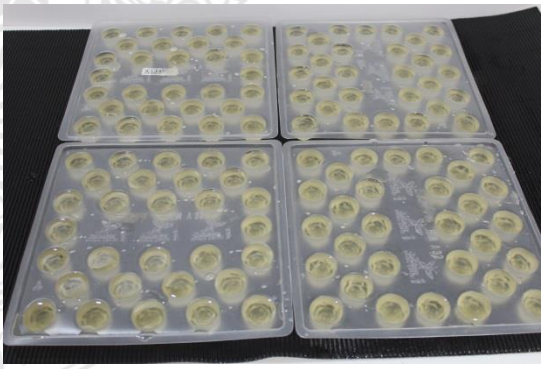
2. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

3. เติมน้ำตาลสดคนและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

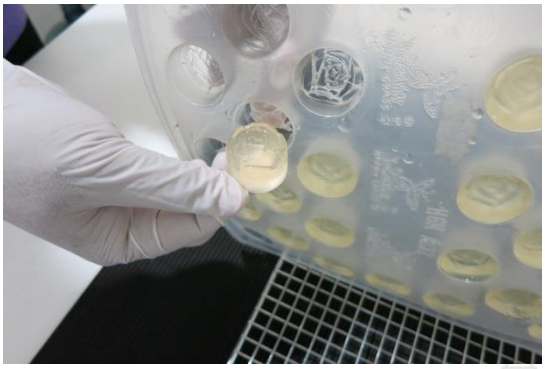
4. เติมน้ำตาลทราย คนให้ละลายและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

5. กรองด้วยผ้าขาวบาง

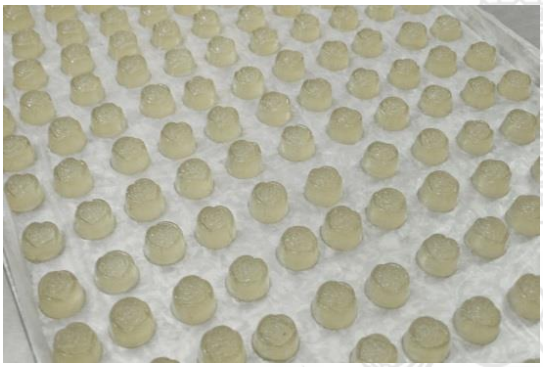
6. เทใส่แม่พิมพ์ และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเวลา 1 ชั่วโมง



7. แกะออกจากแม่พิมพ์



8. อบที่ 80 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง



9. วุ้นกรอบน้ำตาลสด

ภาคผนวก ข
การคำนวณความหวานของน้ำตาลสด

การคำนวณความหวานของน้ำตาลสด

น้ำตาลสดต้มมีความหวานเริ่มตน 20 °Brix

จากสูตร ประกอบด้วย ผงวุ้น 15 g น้ำตาลทราย 360 g น้ำ 480 g

ผงวุ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมทั้งหมด คือ 1.8% (หมายความว่า ส่วนผสมรวมของน้ำตาลทรายกับน้ำ 100 g จะมีผงวุ้น 1.8 g)

อัตราส่วนของน้ำตาลทรายต่อน้ำเท่ากับ 360 : 480 = 6 : 8 = 75 : 100

ดังนั้นส่วนผสมทั้งหมดหนัก 175 g ประกอบด้วย น้ำตาลทราย 75 g น้ำ 100 g

ถ้าต้องการส่วนผสมทั้งหมดหนัก 1000 g จะมีส่วนผสมของน้ำตาลทรายและน้ำเท่าไรให้เทียบบัญญัติไตรยางศ์ดังนี้

ส่วนผสมรวม 175 g มีน้ำตาลทราย 75 g

ส่วนผสมรวม 1000 g มีน้ำตาลทราย $\frac{75 \times 1000}{175} = 428.57$ g

ดังนั้นจะมีสวนผสมของน้ำเท่ากับ 1000-428.57=571.43 g

ต้องการใช้น้ำตาลสดแทนน้ำซึ่งในน้ำตาลสดที่มีจะมีความหวานเท่ากับ 20 °Brixหมายความว่า น้ำตาล สด 100 g จะมีน้ำตาลอยู่ 20 g

ดังนั้นน้ำที่ต้องการเติมคือ 571.43 g ให้น้ำตาลสดแทนซึ่งต้องคำนวณว่าในน้ำตาลสด571.43 g จะมีน้ำตาลเท่าไร โดยเทียบบัญญัติไตรยางศ์ดังนี้

น้ำตาลสด 100 g มีน้ำตาล 20 g

น้ำตาลสด 571.43 g มีน้ำตาล $\frac{20 \times 571.43}{100} = 114.3$ g

แสดงว่ามีน้ำ เท่ากับ 571.43-114.3 = 457.13 g (จึงต้องเติมน้ำอีก 114.3 g จึงจะเท่ากับปริมาณที่คำนวณด้านบน)

ดังนั้นจากสูตรต้องเติมน้ำตาลทรายเพิ่ม 428.57-114.3=314.27 g

ดังนั้นต้องส่วนผสมรวมทั้งหมด 1000 g ประกอบด้วย

น้ำตาลสด 571.43 g

น้ำตาลทราย 314.27 g

น้ำ 114.3 g

ภาคผนวก ค

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ลอนตาลกรอบ (มผช.1221/2549)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง (มผช.1471/2550)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมไทย (มผช.1531/2552)

มผช.๑๒๒๑/๒๕๔๙

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
ลอนตาลกรอบ

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมลอนตาลกรอบที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ลอนตาลกรอบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำลอนตาลสดที่อยู่ในสภาพดีและไม่แก่จนเกินไปมาปอกเปลือก ล้างให้สะอาด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ นำมาหั่น อาจเติมน้ำแล้วปั่นให้ละเอียด นำมากวนจนเดือด เติมน้ำตาลเกลือ กวนจนเข้ากัน เติมผงวุ้นที่ละลายน้ำ นำไปกวนอีกครั้งจนเดือด อาจแต่งสี กลิ่น รส เทใส่พิมพ์ ทิ้งไว้ให้เย็น อาจนำไปตัดเป็นชิ้นตามขนาดที่ต้องการ ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่นจนเกิดแผ่นน้ำตาลหรือเกล็ดน้ำตาลเคลือบที่ผิว

๒.๒ ลอนตาล หมายถึง เมล็ดของผลตาล โดยทั่วไปลูกตาล ๑ ผล จะมีลอนตาลประมาณ ๑ ลอนถึง ๔ ลอน เมื่อปอกเปลือกออกจะเป็นเนื้อใส อ่อนนุ่ม มีรสหวาน

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป
ต้องแห้ง มีแผ่นน้ำตาลหรือเกล็ดน้ำตาลเคลือบที่ผิว

๓.๒ สี
ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของลอนตาลกรอบ

๓.๓ กลิ่นรส
ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของลอนตาลกรอบ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

๓.๔ ลักษณะเนื้อสัมผัส
ต้องกรอบนอก นุ่มใน ไม่แข็งกระด้าง

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๘.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนนจากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๓.๕ สิ่งแปลกปลอม
ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

๓.๖ วอเตอร์แอกทิวิตี
ต้องไม่เกิน ๐.๘

หมายเหตุ *วอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์*

๓.๗ วัตถุเจือปนอาหาร
หากมีการใช้สีหรือวัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

๓.๘ จุลินทรีย์

๓.๘.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า ๑×๑๐^{๖} โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๘.๒ สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๘.๓ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๔. สุขลักษณะ

๔.๑ สุขลักษณะในการทำลอนตาลกรอบ ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

๕. การบรรจุ

๕.๑ ให้บรรจุลอนตาลกรอบในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๕.๒ น้ำหนักสุทธิของลอนตาลกรอบในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุลอนตาลกรอบทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ลอนตาลกรอบ ลูกตาลกรอบ
(๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ
(๓) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)
(๔) น้ำหนักสุทธิ
(๕) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(๖) ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา

(๗) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ลอนตาลกรอบที่ทำในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๕ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าลอนตาลกรอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๔ จึงจะถือว่าลอนตาลกรอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวอเตอร์แอกทิวิตีและวัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๖ และข้อ ๓.๗ จึงจะถือว่าลอนตาลกรอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๔ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๘ จึงจะถือว่าลอนตาลกรอบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างลอนตาลกรอบต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ ข้อ ๗.๒.๓ และข้อ ๗.๒.๔ ทุกข้อ จึงจะถือว่าลอนตาลกรอบรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

มผช.๑๒๒๑/๒๕๔๙

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส

๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบลอนตาลกรอบอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๘.๑.๒ วางตัวอย่างลอนตาลกรอบลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ ๘.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องแห้ง มีแผ่นน้ำตาลหรือเกล็ดน้ำตาลเคลือบที่ผิว	๔	๓	๒	๑
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของลอนตาลกรอบ	๔	๓	๒	๑
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของลอนตาลกรอบ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	๔	๓	๒	๑
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องกรอบนอก นุ่มใน ไม่แข็งกระด้าง	๔	๓	๒	๑

๘.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
ให้ตรวจพินิจ

๘.๓ การทดสอบวอเตอร์แอกทิวิตี
ให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิที่ (๒๕ ± ๒) องศาเซลเซียส

๘.๔ การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๕ การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๖ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ

(ข้อ ๔.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.๑.๒ อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.๑.๒.๓ พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก

มผช.๑๓๖/๒๕๔๖

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
ผลไม้แห้ง

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมผลไม้ทุกชนิดที่นำมาทำให้แห้ง โดยอาจผ่านกรรมวิธีการดองหรือแช่อิ่มก่อนการทำแห้งก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุ ทั้งนี้รวมถึงผลไม้แห้งที่มีการปรุงแต่งกลิ่นหรือรสด้วย

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ผลไม้แห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ที่อยู่ในสภาพดี ไม่เน่าเสีย โดยอาจนำมาผ่านกรรมวิธีการหมักดองหรือแช่อิ่มก่อนหรือไม่ก็ได้ มาลดความชื้นตามต้องการโดยใช้แสงแดดหรือนำไปอบ ทั้งนี้อาจปรุงแต่งกลิ่นหรือรสด้วยส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น น้ำตาล เกลือ พริก ด้วยก็ได้

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องคงลักษณะเนื้อที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้ ผิวหน้าแห้ง ไม่เกาะติดกัน เนื้อไม่แข็งกระด้าง ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน

๓.๒ สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ

๓.๓ กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๘.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๓.๔ สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ เช่น แมลง หนู นก

๓.๕ วัตถุเจือปนอาหาร

หากมีการใช้วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสและวัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

๓.๖ ความชื้น
ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๘ โดยน้ำหนัก

๓.๗ วอเตอร์แอกทิวิตี
ต้องไม่เกิน ๐.๗๕

หมายเหตุ *วอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างพิษของจุลินทรีย์*

๓.๘ จุลินทรีย์

๓.๘.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน ๑×๑๐^{๕} โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๘.๒ เอสเชอริเชีย โคไล ด้วยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๓ ต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๘.๓ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๔. สุขลักษณะ

๔.๑ สุขลักษณะในการทำผลไม้แห้ง ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

๕. การบรรจุ

๕.๑ ให้บรรจุผลไม้แห้งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ผนึกได้เรียบร้อย สามารถป้องกันความชื้นและการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๕.๒ น้ำหนักสุทธิของผลไม้แห้งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุผลไม้แห้งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น มะม่วงแช่อิ่มแห้ง ชมพู่สามรส ฝรั่งหยี มะม่วงเค็ม

(๒) น้ำหนักสุทธิ

(๓) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(๔) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา

(๕) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ผลไม้แห้งที่ทำจากผลไม้ชนิดเดียวกัน ที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๔ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าผลไม้แห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นรส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๓ จึงจะถือว่าผลไม้แห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร ความชื้น วอเตอร์แอกทิวิตี และจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ หน่วยภาชนะบรรจุ นำมาทำเป็นตัวอย่างรวม โดยน้ำหนักรวมต้องไม่น้อยกว่า ๘๐๐ กรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๕ ถึงข้อ ๓.๘ จึงจะถือว่าผลไม้แห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างผลไม้แห้งต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ และข้อ ๗.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าผลไม้แห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นรส

๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบผลไม้แห้งอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๘.๑.๒ วางตัวอย่างผลไม้แห้งในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

มผช.๑๓๖/๒๕๔๖

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ ๘.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องคงลักษณะเนื้อที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้ ผิวหน้าแห้ง ไม่เกาะติดกัน เนื้อไม่แข็งกระด้าง ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน	๔	๓	๒	๑
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ	๔	๓	๒	๑
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	๔	๓	๒	๑

๘.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
ให้ตรวจพินิจ

๘.๓ การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร และความชื้น
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๔ การทดสอบวอเตอร์แอกทิวิตี
ให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตี ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ (๒๕ ± ๒) องศาเซลเซียส

๘.๕ การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๖ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ

(ข้อ ๔.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.๑.๒ อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.๑.๒.๓ พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก

มผช.๑/๒๕๕๒

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
ขนมไทย

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะขนมไทยที่บรรจุในภาชนะบรรจุ ไม่ครอบคลุมถึงขนมไทยที่ได้ประกาศเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแล้ว

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ขนมไทย หมายถึง ผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นของหวาน ซึ่งส่วนมากทำจากแป้ง ข้าว กะทิ น้ำตาล ไข่ โดยการกวน เชื่อม ทอด ผิง ต้ม ปิ้ง ย่าง หรือนึ่ง อาจมีการเติมแต่งสี กลิ่น และรส มีลักษณะเฉพาะตัว ในด้านสีสัน กลิ่นรสชาติ

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป
มีลักษณะเฉพาะตัวตามชื่อเรียกขนมไทยที่ระบุไว้ที่ฉลาก
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

๓.๒ สี
ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของขนมไทยนั้น

๓.๓ กลิ่นรส
ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมไทยนั้น

๓.๔ ลักษณะเนื้อสัมผัส
ต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีตามธรรมชาติของขนมไทยนั้น

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๘.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๒ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๓.๕ สิ่งแปลกปลอม
ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

๓.๖ วัตถุเจือปนอาหาร

หากมีการใช้สีและวัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

๓.๗ จุลินทรีย์

๓.๗.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน ๑×๑๐^{๖} โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๗.๒ ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง ๒๕ กรัม

๓.๗.๓ สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๗.๔ บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๗.๕ เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๓ ต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๗.๖ ยีสต์ ต้องไม่เกิน ๑×๑๐^{๕} โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๗.๗ รา ต้องไม่เกิน ๕๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

๔. สุขลักษณะ

๔.๑ สุขลักษณะในการทำขนมไทย ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

๕. การบรรจุ

๕.๑ ให้บรรจุขนมไทยในภาชนะบรรจุที่สะอาดและไม่ดูดซับไขมันจากขนมไทย ปิดได้สนิทโดยไม่ใช้ลวดเย็บกระดาษ และสามารถป้องกันความชื้นและการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอก กรณีใช้ภาชนะบรรจุที่ทำด้วยโลหะต้องไม่มีสนิม

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

๕.๒ น้ำหนักสุทธิของขนมไทยในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

การทดสอบให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุขนมไทยทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมชั้น ทองหยิบ

(๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ เป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณและเรียงจากมากไปน้อย

(๓) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(๔) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม

(๕) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(๖) ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บไว้ในตู้เย็น

(๗) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ขนมไทยที่มีชื่อเรียกอย่างเดียวกัน มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๕. และข้อ ๖. ทุกรายการ จึงจะถือว่าขนมไทยรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และสิ่งแปลกปลอม ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๕ ทุกรายการ จึงจะถือว่าขนมไทยรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๖ จึงจะถือว่าขนมไทยรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๔ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๗ จึงจะถือว่าขนมไทยรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างขนมไทยต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ ข้อ ๗.๒.๓ และข้อ ๗.๒.๔ ทุกข้อ จึงจะถือว่าขนมไทยรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส

๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบขนมไทย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๘.๑.๒ วางตัวอย่างขนมไทยลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจ ดม และชิม

๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

มผช.๑/๒๕๕๒

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนนในการทดสอบสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส

(ข้อ ๘.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	ระดับการตัดสิน	คะแนนที่ได้รับ
สี	สีดีตามธรรมชาติของขนมไทยนั้น	๓
	สีพอใช้ตามธรรมชาติของขนมไทยนั้น	๒
	สีผิดปกติหรือมีการเปลี่ยนสี	๑
กลิ่นรส	กลิ่นรสดีตามธรรมชาติของขนมไทยนั้น	๓
	กลิ่นรสพอใช้ตามธรรมชาติของขนมไทยนั้น	๒
	กลิ่นรสผิดปกติหรือมีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน	๑
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ลักษณะเนื้อสัมผัสดีตามธรรมชาติของขนมไทยนั้น	๓
	ลักษณะเนื้อสัมผัสพอใช้ตามธรรมชาติของขนมไทยนั้น	๒
	ลักษณะเนื้อสัมผัสผิดปกติไม่เป็นไปตามธรรมชาติของขนมไทยนั้น	๑

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ

(ข้อ ๔.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียงอยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบสะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.๑.๒ อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.๑.๒.๓ พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำสะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่งมีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลง และฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาดและใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคนต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

ภาคผนวก ง
แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบจากน้ำตาลสด

วันที่ชิม.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับของรหัสที่เสนอในตารางจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

9 = ชอบมากที่สุด 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

8 = ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

7 = ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก

6 = ชอบเล็กน้อย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบของตัวอย่าง		
	รหัส……	รหัส……	รหัส……
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ……

……

ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบทดสอบ

ผู้ศึกษา

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล นางสาวอินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

วัน เดือน ปีเกิด 22 พฤษภาคม 2524

ภูมิลำเนา อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา
คหกรรมศาสตรบัณฑิต (คศ.บ)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2546

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

เจ้าหน้าที่วิจัยปฏิบัติการ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ทุนศึกษา

ได้รับการสนับสนุนทุนการศึกษาระดับปริญญาโท ตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร