การใช้ผงเมล็ดแตงโมแทนที่ผงเมล็ดอัลมอนด์ในการทำมาการองและการลดกลิ่นรสเขียวของผงเมล็ดแตงโม

Substitution of almond powder with watermelon seed powder in making macaron and reduction green flavor of watermelon seed powder

คันธรส สง่าญาติ

ชุติมา ชูมาก

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้ผงเมล็ดแตงโมแทนที่ผงเมล็ดอัลมอนด์ในการทำมาการองและการลดกลิ่นรสเขียวของผงเมล็ดแตงโม

Substitution of almond powder with watermelon seed powder in making macaron and reduction green flavor of watermelon seed powder

T148887

คันธรส สง่าญาติ

ชุติมา ชูมาก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สารหมู่ 148887
เลขทะเบียน 30 พ.ย. 2560
วัน.เดือน.ปี

b.12876756
.l.

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การใช้ผงเมล็ดแตงโมแทนที่ผงเมล็ดอัลมอนด์ในการทำมาการองและการลดกลิ่นรสเขียวของผงเมล็ดแตงโม

Substitution of almond powder with watermelon seed powder in making macaron and reduction green flavor of watermelon seed powder

จัดทำโดย

คันธรส สง่าญาติ รหัสนักศึกษา 55080005

ชุติมา ชูมาก รหัสนักศึกษา 55080016

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 17 / มี.ค. / 2559

(ผศ.ดร. นภัสรพี เหลืองสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การใช้ผงเมล็ดแตงโมแทนที่ผงเมล็ดอัลมอนด์ในการทำมาการองและการลดกลิ่นรสเขียวของผงเมล็ดแตงโม
ชื่อนักศึกษา	คันธรส สง่าญาติ รหัสนักศึกษา 55080005
	ชุติมา ชูมาก รหัสนักศึกษา 55080016
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. นภัสรพี เหลืองสกุล

บทคัดย่อ

มาการองจัดเป็นขนมหวานชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยไข่ขาว น้ำตาลไอซิ่ง และผงอัลมอนด์ มีลักษณะกรอบนอกนุ่มใน การใช้ผงเมล็ดแตงโมแทนที่ผงอัลมอนด์ในมาการอง เนื่องจากเมล็ดแตงโมจัดเป็นพืชเมล็ดน้ำมันมีปริมาณใกล้เคียงกับเมล็ดอัลมอนด์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแทนที่ผงอัลมอนด์ด้วยผงเมล็ดแตงโมในการทำมาการอง จากงานวิจัยเบื้องต้น พบว่าการแทนที่ผงอัลมอนด์ด้วยผงเมล็ดแตงโมทั้งหมดให้ลักษณะของมาการองที่ดี แต่มาการองที่ได้นั้นมีกลิ่นรสเขียว ดังนั้น การศึกษาขั้นถัดไปของงานวิจัยนี้คือ การลดกลิ่นรสเขียวในผงเมล็ดแตงโม กลิ่นรสเขียวนั้นเกี่ยวข้องกับกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ซึ่งมีความไวต่อความร้อน จึงใช้วิธีการให้ความร้อนที่สภาวะที่แตกต่างกันของอุณหภูมิและเวลา เพื่อศึกษาการลดลงของกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase วิธีที่ใช้ศึกษา ได้แก่ การใช้การนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 10-30 นาที การใช้การลวก (Blanching) อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 5-10 นาที การใช้การอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เวลา 2-15 นาที และการใช้ไมโครเวฟ (Microwave) 800 วัตต์ เวลา 1-5 นาที ผลการศึกษาพบว่าทุกวิธีการให้ความร้อนสามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase แต่วิธีการให้ความร้อนด้วยการใช้การอบลมร้อน (Hot air oven) สามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ได้ร้อยละ 40-96 ดังนั้น การใช้วิธีการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 2 และ 15 นาที จึงเลือกผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านการให้ความร้อนข้างต้นมาทำมาการอง มาการองที่ทำด้วยผงเมล็ดแตงโมที่ให้ความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 2 และ 15 นาที มีความแรงของกลิ่นรสเขียวน้อยกว่ามาการองที่ทำด้วยผงเมล็ดแตงโมที่ให้ความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที และผงเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อน สุดท้ายนี้จึงเลือกมาการองที่ทำด้วยผงเมล็ดแตงโมที่ให้ความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที มาใช้ในงานวิจัยนี้

คำสำคัญ : เมล็ดแตงโม เอนไซม์ไลพอกซีจีเนส ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Substitution of almond powder with watermelon seed powder in making macaron and reduction green flavor of watermelon seed powder
Student name	Kantharose Sangayat Student ID 55080005
	Chutima Choomark Student ID 55080016
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology
Year	2016
Advisor	Assist.Prof.Dr. Napatrapi Luengsakul

ABSTRACT

Macaron is a type of dessert, made with egg white, icing sugar, granulated sugar and almond powder. The texture is crisp outside and chewy inside. The use of watermelon seed powder instead of almond powder is interacting in macaron because watermelon seed is classified as a plant seed oils which, similar to almond kernels. This research aimed to substitute almond powder with watermelon seed powder in making macaron. From the preliminary research, it was found that the total substitution of almond with watermelon seed powder gave the good appearance of macaron but macaron has the green flavor. Therefore, the next study of this research is to reduce green flavor in watermelon seed powder. Green flavor is associated with lipoxygenase activity. Lipoxygenase is sensitive to heat. The heating method with different condition of temperature and time were studied to reduce lipoxygenase activity. The method of autoclave 120°C 10-30 min, blanching 100°C for 5-10 min, hot air oven 55-60°C for 2-15 min and microwave 800 W for 1-5 min were studied. The result showed that all heat treatment method could reduce the lipoxygenase activity. The method of hot air oven could decrease the lipoxgenase activity 40-96 percent. Therefore, the method of hot air oven at 55°C for 15 min and 60°C for 2 and 15 min were selected to treat watermelon seed powder before using in making macaron. Macaron made with watermelon seed powder treated with hot air oven at 60°C for 2 and 15 min gave the intensity of green flavor less than macaron made with watermelon seed powder treated with hot air oven at 55°C for 15 min and non-treated. Finally, macaron made with watermelon seed powder treated with 60°C for 2 min was selected in this study.

Keywords: Watermelon seed, Lipoxygenase, heat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปัญหาพิเศษนี้ถือเป็นบทเรียนสำคัญในชีวิตที่ช่วยให้ข้าพเจ้าได้ค้นคว้าหาข้อมูล อีกทั้งยังสร้างความมานะ และความอดทน ฝึกฝนให้ข้าพเจ้าทำปัญหาพิเศษชิ้นนี้จนสำเร็จได้ ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ผศ.ดร. นภัสรพี เหลืองสกุล ที่คอยให้คำปรึกษา แนะแนวทาง และตรวจแก้ไขในการดำเนินปัญหาพิเศษมาโดยตลอด

ขอขอบคุณอาจารย์ณฐิณี จีระลักษณกุล และนางสาวปิยะรัตน์ วิเศษวงศ์ชัย ที่ช่วยเหลือในการสอนทำมาการอง และขอขอบคุณอาจารย์ปนัดดา นนทนำ ที่ช่วยให้คำปรึกษา และขอขอบคุณคณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และให้ความร่วมมือระหว่างการดำเนินปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจที่ดีพร้อมทั้งให้การสนับสนุนทุนทรัพย์และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือคำปรึกษาความห่วงใยและกำลังใจที่ทุกท่านมีให้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

คันธรส สง่าญาติ
ชุติมา ชูมาก
10 มิถุนายน 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มาการอง	3
2.2 น้ำตาล	4
2.3 น้ำ	9
2.4 ความชื้น	11
2.5 ไข่	12
2.6 การตีผสมและการอบ	16
2.7 เมล็ดแตงโม	17
2.8 กลิ่นรสเขียวในเมล็ดพืช	20
2.9 การให้ความร้อนแบบร้อนชื้นด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง	23
2.10 การให้ความร้อนแบบคลื่นรังสีด้วยเตาอบไมโครเวฟ	24
2.11 การให้ความร้อนแบบร้อนแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน	25
2.12 การให้ความร้อนแบบใช้น้ำเป็นตัวพาความร้อนด้วยการลวก	26
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	29
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	29
3.2 อุปกรณ์	29
3.3. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	33
4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเมล็ดแตงโม	33
4.2 ผลของการลดกลิ่นรสเขียวในเมล็ดแตงโมด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาการองที่แทนที่ด้วยผงเมล็ดแตงโมที่ลดกลิ่นรสเขียว	35
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผล	39
5.2 ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม	40
ภาคผนวก	45
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์	46
ภาคผนวก ข แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบและความแรงของกลิ่นรส	54
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	56
ประวัติผู้เขียน	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความหวานของน้ำตาลบางชนิดเปรียบเทียบกับซูโครส	5
2.2 การละลายของซูโครสที่อุณหภูมิต่าง ๆ	5
2.3 ลักษณะของน้ำเชื่อมในระดับต่าง ๆ	6
2.4 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล	8
2.5 ปริมาณสารอาหารในไข่ไก่ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม	14
2.6 กรดแอมิโนที่จำเป็น (ร้อยละ) ในไข่ เปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีนจากอาหารอื่น	14
2.7 คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดแตงโม	18
2.8 ชนิดของกลิ่นรสต่างๆ	21
3.1 แสดงปริมาณส่วนผสมของมาการอง	31
4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเมล็ดแตงโม	33
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (Unit per ml of crude enzyme) หลังการให้ความร้อนที่ต่างกัน เทียบกับเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อน (ตัวควบคุม)	34
4.3 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของมาการองจากเมล็ดแตงโม	35
4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมด้านความชอบ	37
4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากเมล็ดแตงโมด้านความแรงของกลิ่นรสเขียว	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การสังเคราะห์ออกซีไลปินจากแอลฟา-ลิโนเลนิก (α-linolenic acid) ในลิปิดเมมเบรน	20
2.2 การทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน	22
2.3 แสดงค่า D value เวลาที่ใช้ลดปริมาณของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ในผักและผลไม้	26
4.1 มาการรองจากผงเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อนใด ๆ และที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่สภาวะต่าง ๆ	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมหวานมีอิทธิพลต่อวัฒนธรรมการกินของคนไทยเป็นอย่างมาก เป็นสิ่งที่คู่กับอาหารคาวมาเป็นเวลานานตั้งแต่สมัยโบราณ จนเกิดเป็นคำว่าสำรับคาวหวานขึ้นมา และทวีความสำคัญขึ้นเรื่อย ๆ จนมาถึงในยุคปัจจุบันขนมหวานกลายเป็นสิ่งที่จะขาดไม่ได้ในการดำรงชีวิตของคนไทย เป็นอาหารที่รับประทานระหว่างมื้อหรือรับประทานเป็นของทานเล่น และนำมารับประทานในงานมงคล งานเลี้ยงสังสรรค์หรืองานเลี้ยงต่าง ๆ ขนมหวานมีให้เลือกมากมายหลายชนิด เป็นอาหารที่นิยมรับประทานทุกเพศทุกวัย เป็นที่นิยมทั้งขนมหวานของไทยและต่างประเทศ เนื่องด้วยประเทศไทยเป็นประเทศที่เปิดกว้าง ทำให้ขนมของชาติตะวันตกและชาติอื่น ๆ เข้ามามีอิทธิพลและเป็นที่นิยมในประเทศไทย ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือมาการอง

มาการองมีประวัติศาสตร์อันยาวนานหลายร้อยปี มีต้นกำเนิดมาจากประเทศฝรั่งเศส เกิดขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1791 เป็นที่รู้จักครั้งแรกในสมัยพระเจ้าหลุยส์ที่ 16 ซึ่งเป็นยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงการปกครอง สมัยนั้นประสบปัญหาด้านเศรษฐกิจที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าอุปโภค บริโภค ส่งผลให้สินค้าต่าง ๆ มีราคาแพง ไม่มีเนื้อสัตว์ให้รับประทาน เหล่าแม่ชีจึงดำรงชีพอยู่ด้วยอัลมอนด์ เพราะมีคุณค่าทางอาหารไม่แพ้เนื้อสัตว์ โดยนำมาประกอบเป็นอาหารหรือขนมหลายประเภท หนึ่งในนั้นคือ ขนมจากอัลมอนด์ ซึ่งต่อมากลายเป็นขนมหวานที่ชาวฝรั่งเศสชื่นชอบมาจนถึงปัจจุบัน มาการองเป็นขนมหวานชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในพวกเมอแรงค์ มีส่วนประกอบหลักของไข่ขาว น้ำตาล และอัลมอนด์ แรกเริ่มมีแค่ฝาเดียวคล้ายบิสกิตรสอัลมอนด์ จากนั้นช่วงปลาย ค.ศ. 1950 มีการพัฒนามาเรื่อย ๆ จนกลายเป็นสองฝาที่มีลักษณะคล้ายคุกกี้ชิ้นเล็กสองอันประกบกันสอดไส้ตรงกลางด้วยกานาช มีหลายรสชาติ เช่น ช็อกโกแลต สตรอเบอร์รี่ วานิลลา อัลมอนด์ หรือผลไม้ตามฤดูกาล มีลักษณะกรอบนอกนุ่มใน ถือเป็นขนมหวานที่ชาวยุโรปให้ความนิยมเป็นอย่างมากเป็นระยะเวลานานแล้ว ในปัจจุบันขนมมาการองเป็นขนมหวานที่นิยมและมีจำหน่ายกันโดยมากทั่วโลก และกำลังได้รับความนิยมขึ้นเรื่อยๆ รวมถึงในประเทศไทยด้วย เนื่องด้วยมีหน้าตาที่น่ารับประทาน มีสีสันสดใส รสชาติหลากหลาย มีขนาดชิ้นเล็ก กะทัดรัด พอดีคำ ทำให้สามารถเป็นที่นิยมและติดตลาดได้โดยง่ายในหมู่คนไทยที่ชื่นชอบและหลงใหลในขนมหวาน แต่มาการองเป็นขนมที่มีราคาค่อนข้างแพง เนื่องจากทำด้วยส่วนผสมที่มีราคาแพง ซึ่งก็คือ อัลมอนด์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาสูงตามไปด้วย และเป็นขนมหวานที่มีข้อจำกัดสำหรับคนที่แพ้อัลมอนด์

แตงโมเป็นพืชล้มลุกประเภทเถาเลื้อย โตเร็ว ลักษณะทั่วไปคล้ายแตงชนิดอื่น ๆ แต่ใบมีลักษณะพิเศษกว่าแตงอื่นๆ ที่มักเป็นแผ่นเดียวกันตลอด ใบแตงโมเป็นแฉกๆ แคบๆ ไม่ค่อยเป็นระเบียบ ดอกมี 2 เพศ แยกจากกันบนต้นเดียวกัน กลีบดอกสีเหลืองอ่อน ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่อาจมีสีผิวเขียวอ่อน เขียวแก่ น้ำเงินแก่ เขียวลายขาว เป็นต้น ลักษณะของผลมีทั้งกลม รูปไข่ หรือทรงกระบอกยาวหัวท้ายมน เป็นต้น มีขนาดตั้งแต่ค่อนข้างเล็กไปจนโตหลายกิโลกรัม แตงโมมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย เช่น ภาคอีสานเรียกแตงโมว่า บักโม ภาคเหนือเรียกแตงโมว่า บะเต้า และภาคใต้ จังหวัดตรังเรียกแตงโมว่า แตงจีน เป็นต้น แตงโมถือเป็นหนึ่งในผลไม้เขตอบอุ่นและยังเป็นผลไม้ที่เป็นที่นิยมรับประทานค่อนข้างมากในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทย ถึงแม้แตงโมจะเป็นที่นิยม แต่เมล็ดของแตงโมนั้นกลับไม่ได้รับความสนใจที่จะรับประทานเช่นเนื้อแตงโม คนจำนวนมากเลือกที่จะทิ้งเมล็ดแตงโม โดยหารู้ไม่ว่าในเมล็ดแตงโมอุดมไปด้วยกากใยอาหาร ซึ่งช่วยในการขับถ่าย ช่วยแก้ปัญหาท้องผูก เมล็ดแตงโมอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ กรดลิโนเลนิกที่จัดอยู่ในกลุ่มโอเมก้า 3 ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลดคอเลสเตอรอล ลดอาการภูมิแพ้ ช่วยป้องกันโรคหัวใจและอัมพาต เมล็ดแตงโมอุดมไปด้วยแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม และสังกะสี และยังอุดมไปด้วยวิตามินที่มีประโยชน์ เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินเอ เป็นต้น นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น อาร์จินีน ลิวซีน ฟีนิวอะลานิน เป็นต้น

ดังนั้น การทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงเมล็ดแตงโมเป็นจึงสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากผงเมล็ดอัลมอนด์มีปริมาณไขมันใกล้เคียงกับเมล็ดแตงโม ประมาณร้อยละ 45-50 ในการศึกษานี้มุ่งเป้าการทดแทนที่ร้อยละ 100 โดยมาการองที่ได้จะต้องมีคุณภาพใกล้เคียงกับมาการองที่ทำจากผงอัลมอนด์สูตรปกติ ซึ่งจะเป็นการผสมผสานการใช้วัตถุดิบที่ปลูกได้ในไทย หรือเป็นวัตถุดิบทางประเทศตะวันออกกับผลิตภัณฑ์ของประเทศทางตะวันตก และจะทำให้มาการองมีราคาถูกลง เนื่องจากผงเมล็ดอัลมอนด์มีราคาสูง ในขณะที่เมล็ดแตงโมมีราคาต่ำกว่า รวมทั้งยังสามารถทำให้คนที่แพ้เมล็ดอัลมอนด์สามารถรับประทานมาการองได้ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากเมล็ดแตงโมเพิ่มขึ้นนอกเหนือจากเป็นอาหารว่าง และเป็นส่วนประกอบในการทำให้อาหารข้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้ผงเมล็ดแตงโมแทนที่ผงอัลมอนด์ร้อยละ 100 ในมาการอง

1.2.2 เพื่อลดกลิ่นรสเขียวในผงเมล็ดแตงโม โดยการใช้ความร้อนแบบต่าง ๆ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เป็นการเพิ่มมูลค่าการใช้ประโยชน์ของเมล็ดแตงโมซึ่งไม่ค่อยมีการใช้ในอาหารที่หลากหลายอีกหนึ่งทางเลือก

1.3.2 ทำให้ผู้ที่แพ้อัลมอนด์สามารถบริโภคมาการองได้ในลักษณะที่มีอรรถรส และเนื้อสัมผัสเหมือนกันกับมาการองสูตรปกติที่ทำจากผงอัลมอนด์

1.3.3 ทำให้เกิดแนวคิดการผสมผสานผลิตภัณฑ์ของทางประเทศตะวันตกกับวัตถุดิบที่มีอยู่ทางประเทศด้านตะวันออกได้อย่างลงตัว

1.3.4 สามารถทำให้เกิดแนวคิดต่อยอดผลิตภัณฑ์ที่มีผงอัลมอนด์ในการแทนที่ด้วยผงเมล็ดแตงโม

1.3.5 สามารถทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์มาการองลดลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาการอง

2.1.1 ส่วนผสมของมาการอง

มาการองเป็นขนมหวานชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในพวกเมอแรงค์ มีส่วนประกอบหลักของไข่ขาว น้ำตาล และอัลมอนด์ แรกเริ่มมีฝาเดียวคล้ายบิสกิตรสอัลมอนด์ จากนั้นมีการพัฒนามาเรื่อย ๆ จนกลายเป็นสองฝา (วลัญช์, 2555) เสน่ห์ของมาการองอยู่ที่ความมีสีสันสดใส ที่มีลักษณะคล้ายคุกกี้ชิ้นเล็กสองอันประกบกัน รูปร่างคล้ายกับโดมแบน ๆ เป็นวงกลม ผิวด้านบนของขนมเรียบมันจากความละเอียดของอัลมอนด์บด มีส่วนที่สำคัญคือ Foot หรือ Skirt เป็นขาของมาการอง มีลักษณะเป็นรอยหยักที่บางกรอบ สอดไส้ตรงกลางด้วยกานาช มีหลายรสชาติ เช่น ช็อกโกแลต สตรอเบอร์รี่ วานิลลา อัลมอนด์ หรือผลไม้ตามฤดูกาล มีลักษณะกรอบนอกนุ่มใน (ปูเป้, 2555)

2.2.2 คุณลักษณะของมาการองที่ดี

ต้องมีรสชาติที่ผสมผสานกันอย่างลงตัวระหว่างไส้กานาชและเนื้อคุกกี้ ส่วนสูงที่สมดุลของตัวคุกกี้ชิ้นบนและล่างที่มีขนาดเท่า ๆ กัน รวมทั้งไส้ที่บีบต้องพอดีขอบให้เห็นเป็นเส้นเล็ก ๆ ตลอดทั้งชิ้น อีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญคือกลิ่นหอมหวาน ต้องนำมาการองเก็บไว้ในที่เย็นเป็นเวลาอย่างน้อย 1 วัน เพื่อให้ไส้ รสชาติต่าง ๆ และความชื้นจากไส้ซึมซับเข้าสู่ชั้นของคุกกี้ ทำให้มาการองมีความนุ่มชุ่มฉ่ำ (สายลม, 2556)

2.2.3 ประเภทของมาการอง (Kaufman, 2012)

แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามวิธีการทำ ได้แก่

2.2.3.1 มาการองแบบฝรั่งเศส เป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปเนื่องจากทำง่ายที่สุด เมอแรงค์ที่ได้มีลักษณะนุ่มเป็นครีม ทำโดยการตีไข่ขาวด้วยหัวตีตะกร้อ พอขึ้นฟูจึงค่อย ๆ เติมน้ำตาลทรายทีละน้อยจนตั้งยอด

2.2.3.2 มาการองแบบอิตาลี เมอแรงค์ที่ได้มีความเสถียรหรือคงตัวมาก เพราะใช้น้ำเชื่อมแทนน้ำตาลทรายขาว โดยเอาน้ำเชื่อมที่มีอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ที่อยู่ในระยะ Soft Ball เทลงไปในไข่ขาวที่ตีแล้วอย่างช้า ๆ จนตั้งยอดอ่อน และตีผสมต่อจนตั้งยอดแข็ง

2.2.3.3 มาการองแบบสวิสเซอร์แลนด์ ทำโดยการตีไข่ขาวและน้ำตาลด้วยวิธี Double boiler ให้ละลาย ยกลงจากเตาให้ความร้อนและตีต่อไปเรื่อย ๆ จนเย็น จึงนำไปอบ มักนำไปใช้เป็นฐานของพัฟโลวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 น้ำตาล

น้ำตาล (Sugar) คือ สารประกอบคาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มีรสหวาน เป็นสารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย โดยทั่วไปน้ำตาลจะได้มากจากอ้อย มะพร้าว และหัวบีท ส่วนใหญ่นำมาใช้ในการประกอบอาหาร น้ำตาลเป็นส่วนผสมหลักที่สำคัญที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ น้ำตาลมีหลายประเภท โดยปกติน้ำตาลที่ใช้จะเป็นน้ำตาลทรายขาว ในปัจจุบันน้ำตาลทรายขาวมีขนาดอนุภาคให้เลือกใช้ที่หลากหลาย ซึ่งจะส่งผลทำให้ได้คุณภาพของขนมหวานที่แตกต่างกันออกไป (นภัสรพี, ม.ป.ป)

2.2.1 น้ำตาลจะมีอยู่ด้วย 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ (นภัสรพี, 2557ก)

2.2.1.1 น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หรือโมโนแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide) เช่น กลูโคส (Glucose) ฟรักโทส (Fructose) กาแล็กโทส (Galactose)

2.2.1.2 น้ำตาลโมเลกุลคู่ หรือไดแซ็กคาไรด์ (Disaccharide) เช่น ซูโครส (Sucrose) แล็กโทส (Lactose) มอลโทส (Maltose)

2.2.1.2 น้ำตาลโมเลกุลใหญ่ หรือโพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) เช่น แป้ง (Starch) ไกลโคเจน (Glycogen) เซลลูโลส (Cellulose)

2.2.2 ประเภทของน้ำตาล (นภัสรพี, 2557ก)

2.2.2.1 น้ำตาลทรายขาว มาจากน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ซึ่งได้มาจากธรรมชาติ เช่น ต้นเมเปิ้ล ต้นตาล ผลไม้ต่าง ๆ แต่การผลิตน้ำตาลทรายส่วนใหญ่ของโลกทำจากอ้อย หรือหัวบีท น้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์สูงประมาณร้อยละ 99.9 ขั้นตอนการผลิตน้ำตาลทรายขาว เริ่มจากการหีบน้ำอ้อย แล้วนำไปผ่านการกรอง กำจัดสารปลอมปนออก ระเหยน้ำออกทำให้เข้มข้นจนกระทั่งเกิดเป็นผลึกน้ำตาลขึ้น จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงแยกผลึกน้ำตาลทรายดิบออกจากโมลาส โมลาสที่ถูกแยกนี้ก็จะถูกนำไปตกผลึกอีกหลายครั้งจนกระทั่งไม่เกิดผลึกน้ำตาลแล้ว ในขณะเดียวกันน้ำตาลทรายดิบที่ได้จะถูกนำไปทำให้บริสุทธิ์มากขึ้น โดยการล้าง ปั่นเหวี่ยง ทำให้ใส และกรอง จะได้น้ำตาลทรายสีขาว ในปัจจุบันน้ำตาลทรายขาวที่มีขนาดเม็ดละเอียดมาก (Superfine granulated sugar) น้ำตาลทรายชนิดนี้ละลายง่าย และสามารถจับกับอากาศที่เป็นครีมได้ น้ำตาลชนิดนี้ทำให้ขนมเค้กมีเนื้อละเอียด เมอแรงค์และมาการองที่ได้ไม่เป็นเม็ดทราย และเพิ่มการขยายตัวในคุกกี้ ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ มักใช้น้ำตาลทรายขาว ส่วนน้ำตาลทรายขาวแบบหยาบเหมาะสำหรับโรยบนคุกกี้ ย้อมสีต่าง ๆ หรือใช้ทำไส้ขนม

2.2.2.2 น้ำตาลไอซิ่ง (Powdered sugar) น้ำตาลที่ได้จากการนำน้ำตาลทรายขาวไปบดให้เป็นผงละเอียด มีส่วนผสมของสตาร์ชข้าวโพดร้อยละ 3 ช่วยดูดความชื้นและช่วยให้ไม่เกิดเกาะตัวกัน น้ำตาลไอซิ่งมีหลายขนาดอนุภาค ถ้าอนุภาคละเอียดจะนิยมใช้ในการทำลูกกวาด ฟองดอง ทำให้เกิดความเรียบเนียน อนุภาคที่มีใหญ่ขึ้นใช้โรยหน้าตกแต่ง ทำให้ไม่เกิดความชื้นได้ง่าย

2.2.2.3 น้ำเชื่อม (Syrups) เป็นส่วนผสมที่ได้จากการละลายน้ำตาลกับน้ำ อาจมีการเติมส่วนผสมอื่น เช่น กรด สี กลิ่นรส และสารให้ความหนืด แม้ว่าองค์ประกอบเหล่านี้มีปริมาณน้อยแต่มีความสำคัญมากต่อลักษณะของน้ำเชื่อมที่ได้ ปกติจะใช้สัดส่วนน้ำตาลทรายต่อน้ำ 1: 1 โดยสามารถเพิ่มปริมาณของน้ำตาลทรายได้ในสัดส่วน 2: 1 ไม่ควรเพิ่มปริมาณมากกว่านี้เพราะจะทำให้เกิดการตกผลึก น้ำเชื่อมสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ทำให้เค้กชั้นมีความนุ่ม เคลือบผลไม้สดให้เกิดความเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำตาล (ศิริลักษณ์, 2525)

2.2.3.1 ความหวาน (Sweetness) ปัจจุบันใช้ซูโครสเป็นมาตรฐานของความหวาน เพื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลชนิดอื่น แสดงดังตารางที่ 1 ความหวานของซูโครสมีค่าเท่ากับ 1 ฟรุกโทสหวานมากที่สุด ซูโครสหวานรองลงมา และน้ำตาลที่หวานน้อยที่สุดคือแลกโทส ความหวานของน้ำตาลขึ้นอยู่กับการรับรสที่ต่อมลิ้นของแต่ละคน ความเข้มข้น และอุณหภูมิของสารละลาย หากอุณหภูมิสูงขึ้นจะรู้สึกมากหวานขึ้น

ตารางที่ 2.1 ความหวานของน้ำตาลบางชนิดเปรียบเทียบกับซูโครส

น้ำตาล	ความหวาน
ฟรุกโทส	1.7
น้ำตาลอินเวอร์ท	1.6
ซูโครส	1.0
กลูโคส	0.7
มอลโทส	0.5
แลกโทส	0.4

ที่มา: ศิริลักษณ์ (2525)

2.2.3.2 การละลาย (Solubility) น้ำตาลละลายน้ำได้ประมาณร้อยละ 65 ความเข้มข้นหรือปริมาณของสารที่ละลายในน้ำ (Soluble solid) สามารถวัดด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า รีแฟรกโตมิเตอร์ (Refractometer) ใช้หลักการวัดค่าการหักเหของแสง มีหน่วยวัดคือ บริกซ์ (°brix) หมายถึง ร้อยละของของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลาย ตัวอย่างเช่น น้ำตาล 40 กรัม ละลายในน้ำ 60 กรัม เป็นสารละลาย 100 กรัม วัดความเข้มข้นได้ 40 บริกซ์ ความสามารถในการละลายน้ำของน้ำตาลแต่ละชนิดแตกต่างกัน ฟรุกโทสละลายดีกว่าน้ำตาลชนิดอื่น รองมาคือ ซูโครส กลูโคสและมอลโทสละลายได้ดีพอกัน และแลกโทส ละลายได้น้อยที่สุด สำหรับน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ (Polysaccharide) ส่วนมากไม่ละลายในน้ำ ความสามารถในการละลายน้ำของน้ำตาลขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงการละลายของน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การละลายของซูโครสที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ซูโครส (ร้อยละ)	น้ำ (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
0	100	100
40	60	101
60	40	103
80	20	112
90	10	123
99.6	0.4	170

ที่มา: ศิริลักษณ์ (2525)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเดือดของสารละลายน้ำตาล (Boiling point) เมื่อน้ำตาลละลายในน้ำเป็นสารละลาย เรียกว่า น้ำเชื่อม น้ำเชื่อมมีจุดเดือดสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามปริมาณน้ำตาลที่ละลาย ปกติน้ำบริสุทธิ์มีจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส แต่สารละลายหรือน้ำเชื่อมมีจุดเดือดสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส จุดเดือดจะสูงขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำเชื่อม ดังนั้นอาจเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำเชื่อมโดยการวัดจุดเดือดของน้ำเชื่อมนั้น แสดงดังตารางที่ 2.3 นอกจากนั้น น้ำเชื่อมที่จุดเดือด ณ อุณหภูมิต่าง ๆ จะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

ตารางที่ 2.3 ลักษณะของน้ำเชื่อมในระดับต่าง ๆ

ระดับของลักษณะ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ลักษณะและการเปลี่ยนแปลง	นำไปใช้
1. น้ำเชื่อมใส (Syrup)	105	น้ำเชื่อมเริ่มเดือดและมีความใสเดือดจนมีฟองอากาศ	ใช้สำหรับจุ่มเคลือบ บิสกิต น้ำเชื่อมผลไม้ แยม เยลลี่
2. จับตัวหรือมีความหนืด (Thread or Soft ball)	115-110	เมื่อจุ่มลงไปจะเกิดเป็นลักษณะด้ายเล็กน้อย ระหว่างนิ้ว	บัตเตอร์ครีม เยลลี่ผลไม้ และผลไม้กวน
3. มีความข้นเหนียว (Firm ball)	116-125	น้ำเชื่อมจะเริ่มข้นหนืด ถ้านำน้ำเชื่อมใส่ช้อน แล้วจุ่มลงในชามที่มีน้ำ รูปร่างของน้ำเชื่อมจะมีลักษณะยืดหยุ่น	บัตเตอร์ครีม ลูกกวาดผลไม้ อิตาเลี่ยนเมอแรงค์ มากา-รอง
4. มีความข้นเหนียวมาก(Hard ball)	126-135	มีความเหนียวมาก	ฟอนแดนต์แบบนุ่ม คารา-เมล
5. ตกผลึก (Hard crack)	145-155	น้ำเชื่อมมีความเหนียวมาก แต่ไม่อยู่ตัว	มาชิแพน ขนมหวานกรอบแข็ง คาราเมล
6. คาราเมล (Caramel)	160-170	น้ำตาลเปลี่ยนเป็นสีทองและสีน้ำตาลไหม้	ขนมอบกรอบ

ที่มา: Marechal (2010)

2.2.3.3 การดูดและการเก็บรักษาความชื้น (Hygroscopicity) ผลึกน้ำตาลบริสุทธิ์มีสมบัติดูดความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าบรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) เกินกว่าร้อยละ 75 น้ำตาลทรายจะดูดความชื้นได้เร็วและจับตัวกันเป็นก้อน น้ำตาลแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดและเก็บรักษาความชื้นแตกต่างกัน ฟรุกโทสดูดความชื้นได้ดีมาก รองลงมา คือ กลูโคส ซูโครส มอลโทส และแลกโทส ตามลำดับ ฟรุกโทสเป็นส่วนประกอบในน้ำตาลอินเวอร์ท น้ำผึ้ง น้ำเชื่อมข้าวโพด และกากน้ำตาล ดังนั้น อาหารที่มีฟรุกโทสเป็นส่วนผสมจึงเก็บความชื้นได้นาน ทำให้อาหารมีลักษณะนุ่มและชุ่มฉ่ำ น่ารับประทาน เช่น ขนมเค้ก คุกกี้ ที่ใช้ส่วนผสมของน้ำผึ้ง หรือน้ำเชื่อมข้าวโพด (ศิริลักษณ์, 2525)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.4 การตกผลึก (Crystallization) เมื่อเคี่ยวน้ำเชื่อมให้เข้มข้นอิ่มตัวจนน้ำตาลไม่สามารถละลายได้อีก เรียกว่า สารละลายน้ำเชื่อมที่อิ่มตัวหรือน้ำเชื่อมอิ่มตัว หากปล่อยให้เย็นลงอย่างระมัดระวังโดยไม่ให้ตกผลึก น้ำเชื่อมนี้จะมีน้ำตาลละลายอยู่มากกว่าที่ควรเป็น ณ อุณหภูมินั้นจะเกิดภาวะอิ่มตัวยวดยิ่งและอาจแข็งตัวเป็นแผ่นคล้ายกระจกได้ โดยไม่ตกผลึก แต่น้ำตาลส่วนเกินจะเริ่มตกผลึกเป็นผงละเอียดในภายหลัง เห็นได้จากถั่วตัด ถั่วกระจกใหม่ ๆ น้ำตาลอยู่ในภาวะอิ่มตัวยวดยิ่งแข็งใสไม่ตกผลึก เมื่อเก็บไว้นาน ๆ น้ำตาลบางส่วนตกผลึกเป็นผงน้ำตาลละเอียด ถั่วกระจกมีลักษณะขุ่น ไม่ใส การตกผลึกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ การทำอาหารที่ต้องการรสหวานจัด เช่น แยม เยลลี่ นิยมใช้ฟรุกโทสเป็นตัวให้ความหวาน ถ้าใช้ซูโครสหรือกลูโคสทำให้เกิดผลึกของน้ำตาลเมื่อใช้ในปริมาณมาก ๆ (ศิริลักษณ์, 2525)

2.2.4 สมบัติทางเคมีของน้ำตาล (ภัทธิรา, 2554)

2.2.4.1 การหมัก (Fermentation) เป็นกระบวนการที่เกิดจากจุลินทรีย์ย่อยน้ำตาลภายใต้สภาพที่มีหรือไม่มีอากาศ ตัวอย่างเช่น ยีสต์ย่อยน้ำตาลแล้วได้เป็นแอลกอฮอล์ ใช้เวลาหมัก 2-4 สัปดาห์ ทำให้ได้เครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ ได้แก่ เบียร์ ไวน์ กระแช่ เป็นต้น ส่วนแบคทีเรียกลุ่มแลกติกย่อยน้ำตาลแลกโทสในนมแล้วได้กรดแลกติก ทำให้ได้เป็นนมเปรี้ยว เนยแข็ง เป็นต้น

2.2.4.2 การย่อยสลาย (Hydrolysis) การย่อยสลายของน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ให้เป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กลง เช่น การต้มเคี่ยวน้ำเชื่อมภายใต้สภาวะเป็นกรดหรือเอนไซม์ ทำให้ซูโครสถูกย่อยสลายเป็นกลูโคส และฟรุกโทส เรียกกระบวนการนี้ว่า อินเวอร์ชัน (Inversion) น้ำตาลที่ได้ เรียกว่า น้ำตาลอินเวอร์ท (Invert sugar) ปฏิกิริยาการสลายตัวเร็วขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูง เบสช่วยในการสลายตัวของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว บางครั้งทำให้เกิดผลเสียกับอาหาร เช่น ทำให้อาหารเปลี่ยนสี รส และกลิ่นของอาหารเสียไป

2.2.4.3 จุดหลอมตัว (Melting point) ผลึกของน้ำตาลหลอมตัว เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง ซูโครสหลอมตัวที่อุณหภูมิ 160 – 180 องศาเซลเซียส มอลโทสมีจุดหลอมตัวต่ำกว่าซูโครส ส่วนกลูโคสหลอมตัวที่อุณหภูมิ 86 องศาเซลเซียส การหลอมตัวนี้ถ้าใช้อุณหภูมิสูงทำให้น้ำตาลเปลี่ยนเป็นน้ำตาลไหม้หรือคาราเมล (Caramel) เรียกกระบวนการนี้ว่า คาราเมไลเซชัน (Caramelization) ทำให้อาหารเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล น้ำตาลไหม้ใช้แต่งสีของอาหาร เช่น ซีอิ๊วดำ ซีอิ๊วหวาน น้ำอัดลมประเภทโคล่า

2.2.5 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรต เป็นแหล่งพลังงาน เนื่องจากน้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.9 จึงสามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลได้ โดยน้ำตาล 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ ให้แร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก แสดงดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล

สารอาหาร	หน่วย	ปริมาณต่อตัวอย่าง 100 กรัม
น้ำ	กรัม	0.02
พลังงาน	กิโลแคลลอรี่	387
โปรตีน	กรัม	0
คาร์โบไฮเดรต	กรัม	99.98
ไขมัน	กรัม	0
แคลซียม	มิลลิกรัม	1
เหล็ก	มิลลิกรัม	0.05
โพแทสเซียม	มิลลิกรัม	2
โซเดียม	มิลลิกรัม	1

ที่มา: USDA (2015a)

2.2.6 ประโยชน์ของน้ำตาลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ (นภัสรพี, 2557ก)

2.2.6.1 ให้รสหวาน น้ำตาลและน้ำเชื่อมทุกชนิดสามารถให้รสหวานได้ในระดับที่แตกต่างกัน

2.2.6.2 ให้กลิ่นรส สารให้ความหวานบางชนิดให้กลิ่นรสเฉพาะตัว เช่น น้ำตาลทรายแดง (Brown sugar) น้ำผึ้ง (Honey) มอลท์ (Malt syrup) โมลาส (Molasses) เป็นต้น

2.2.6.3 ทำให้เกิดสีน้ำตาล มีกลิ่นรสคาราเมล ซึ่งเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล 2 ประเภท คือ ปฏิกิริยาคาราเมไลเซชัน (Caramelization) และปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction)

2.2.6.4 ให้เกิดความนุ่ม เมื่อน้ำตาลเกิดการละลาย น้ำตาลที่ละลายจะไปรบกวนการเกิดกลูเตน การตกตะกอนของโปรตีน และกระบวนการเกิดเจลาติไนซ์เซชันของสตาร์ช จะทำให้กระบวนการต่าง ๆ และโครงสร้างต่าง ๆ เกิดช้าลง ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีความนุ่ม ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการดูดซับน้ำที่เร็วของน้ำตาล (Hygroscopic nature) ปริมาณน้ำตาลยิ่งมาก โครงสร้างต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ก็ยิ่งเกิดช้าลง ผลิตภัณฑ์จะไม่ฟู หรือเมื่อเย็นตัวโครงสร้างที่ได้จะยุบ

2.2.6.5 ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ขยายตัวและเซทตัวที่แตกต่างกัน โดยเมื่อใช้น้ำตาลที่เป็นผลึกจะทำให้เกิดการขยายตัวน้อยกว่า และเซทตัวนานกว่าการใช้น้ำเชื่อม นอกจากนั้นการใช้น้ำเชื่อมต่างชนิดกัน ผลที่ได้ก็แตกต่างกันด้วย

2.2.6.6 ทำให้อุณหภูมิการสุกของแป้งเปลี่ยนไป น้ำตาลซูโครสจะทำให้การสุกของแป้งเพิ่มขึ้น น้ำตาลที่มีโมเลกุลสายยาว จะทำให้อุณหภูมิการสุกของแป้งสูงขึ้น อาจเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับแป้งที่ทำให้โครงสร้างแป้งแข็งแรงมากขึ้น จึงต้องใช้พลังงานสูงที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างแป้ง

2.2.6.7 ช่วยเพิ่มอายุการเก็บให้นานขึ้น และทำให้ผลิตภัณฑ์คงความชุ่มชื้นไว้ น้ำตาลมีสมบัติในการดูดน้ำได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นไม่แห้ง และเกิดสเตลลิ่งได้ช้า น้ำตาลฟรุคโตสมีสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดีกว่าน้ำตาลชนิดอื่น ๆ จึงช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์มากกว่าน้ำตาลชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.8 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีผิวหน้ากรอบ เปลือกผิวหน้าที่กรอบเกิดจากสูญเสียความชื้นไปในระหว่างอบ น้ำตาลเกิดการตกตะกอนอีกครั้งในขณะที่รอให้เย็น การเกิดผิวหน้าแตกบนคุกกี้ เกิดจากผิวหน้าที่แห้งและน้ำตาลเกิดการตกผลึกใหม่ ก่อนที่คุกกี้จะขยายตัวทั้งทางด้านกว้างและสูง เมื่อคุกกี้ขยายตัวภายหลังจะมีผิวหน้าที่แตก จะแตกมากขึ้นถ้ามีน้ำตาลปริมาณมากและเม็ดหยาบ การใช้น้ำเชื่อมทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่สูง ทำให้ผิวหน้าแห้งและแตกลดลง

2.2.6.9 ทำให้เกิดความคงตัว ในการตีครีมและไข่ให้ขึ้นฟู

2.2.6.10 มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ยิ่งน้ำตาลซูโครสในปริมาณมาก และมีขนาดผลึกใหญ่ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากขึ้น

2.2.6.11 เป็นแหล่งของกรดซึ่งช่วยในการขึ้นฟู ในน้ำเชื่อมมีกรดเป็นองค์ประกอบเมื่อรวมตัวกับเบคกิ้งโซดา จะทำให้เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดซ์ออกไซด์เกิดขึ้น

2.2.6.12 น้ำเชื่อมทำให้เกิดความเงาในผลิตภัณฑ์

2.2.6.13 เป็นอาหารของยีสต์ในกระบวนการหมัก

2.2.6.14 ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้น้ำตาลในปริมาณมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่ากิจกรรมน้ำลดลง

2.2.7 เลือกซื้อน้ำตาล (สมัย, 2558)

2.2.7.1 เลือกน้ำตาลให้เหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำ

2.2.7.2 น้ำตาลต้องแห้งสนิท สะอาด และไม่มีสิ่งแปลกปลอมเจือปน

2.2.7.3 น้ำตาลต้องไม่จับตัวเป็นก้อน หรือมีลักษณะเหลว

2.2.8 การเก็บรักษาน้ำตาล (สมัย, 2558)

น้ำตาลดูดความชื้นได้ง่ายควรเก็บไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดและไม่ให้อากาศเข้าได้ วางไว้ห่างจากความร้อน น้ำตาลจะดูดความชื้นจากอากาศจนถึงจุดที่น้ำตาลละลาย ซึ่งพวกจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดี ทำให้น้ำตาลมีรสเปรี้ยว น้ำตาลทรายแดงมีความชื้นสูงจึงมักจับตัวเป็นก้อนแข็ง ก่อนนำมาใช้ให้เก็บน้ำตาลในภาชนะที่คลุมด้วยผ้าชุบน้ำบิดหมาดสักครู่ จะทำให้บดเป็นผงได้ง่ายขึ้น สำหรับน้ำตาลละเอียดหรือน้ำตาลไอซิ่ง เมื่อไม่ใช้จะต้องเก็บไว้ในที่แห้ง เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อน และไม่ควรใช้ภาชนะที่เป็นโลหะเพราะอาจจะเกิดสนิมได้

2.3 น้ำ

น้ำประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอม เชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจน น้ำเป็นส่วนประกอบหลักของอาหาร โดยเฉพาะอาหารสด เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ไข่ นม ใช้เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ ซึ่งรวมถึงน้ำในนมและน้ำผลไม้ น้ำจะเป็นตัวทำหน้าที่รวมตัวกับโปรตีนในแป้งเพื่อให้เกิดกลูเตน น้ำมีอิทธิพลต่อสมบัติและคุณภาพด้านต่าง ๆ ของอาหาร ทั้งสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) ความหนืด (Viscosity) สมบัติด้านเนื้อสัมผัส (Textural properties) ได้แก่ น้ำมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (Food spoilage) เกิดจากปฏิกิริยาเคมีและจุลินทรีย์ น้ำเป็นตัวทำละลาย น้ำมีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหาร น้ำเป็นตัวกระจายส่วนประกอบของอาหาร เช่น กรดและเบส สามารถแตกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นไอออนได้ในน้ำ ดังนั้นในส่วนผสมของขนมปังเมื่อใส่ผงฟูลงไปในน้ำ จึงทำให้กรดและเบสที่มีอยู่ในผงฟูเกิดการแตกตัว ทำปฏิกิริยาให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ซึ่งจะช่วยให้ขนมปังขึ้นฟู (เจตนิพัทธ์ และจักราวุธ, 2556)

2.3.1 บทบาทของน้ำในอาหาร (Roles of water in food) (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2558ก)

2.3.1.1 น้ำเป็นตัวกลางสำคัญในการถ่ายเทความร้อน จากบริเวณที่มีความร้อนไปสู่อาหาร น้ำจะดูดความร้อนและช่วยกระจายความร้อนไปทั่วทุกส่วนของอาหาร เพราะน้ำเป็นตัวนำความร้อนที่ดี และจะช่วยถ่ายเทความร้อนไปสู่อาหารที่สัมผัสกับน้ำ

2.3.1.2 น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี หรืออาจเรียกว่าตัวทำละลายไอออนไนซ์ (Ionixing solvent) หรือตัวทำละลายแบบมีขั้ว เพราะน้ำสามารถละลายสารประกอบอิเล็กโตรวาเลนท์ (Electrovalent) ได้ เช่น กรด เกลือ เป็นต้น นอกจากนี้น้ำยังสามารถละลายสารประกอบโควาเลนท์ (Covalent compound) ได้ เช่น น้ำตาล และยูเรีย เป็นต้น ความสามารถในการละลายสารพวกโควาเลนท์ได้ทำให้น้ำมีความสำคัญต่อร่างกายของคนและสัตว์มาก เพราะเมื่อสารเหล่านั้นถูกย่อยให้เป็นโมเลกุลมีขั้วขนาดเล็ก ๆ เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน เป็นต้น โมเลกุลขนาดเล็กเหล่านี้จะละลายได้ดีในน้ำหรือของเหลวในร่างกาย และมีการเคลื่อนที่ภายในร่างกายในรูปของสารละลาย

2.3.1.3 น้ำเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วอย่างแรง จึงสามารถจับไอออนต่าง ๆ ในสารละลายได้ ทำให้ไม่มีไอออนอิสระในสารละลาย สารต่าง ๆ ในรูปของสารประกอบที่มีขั้วเป็นองค์ประกอบ สารจะรวมอยู่กับโมเลกุลต่ำ แม้ว่าจะไม่เป็นสารไอออนนิก แต่ก็มีประจุมีขั้วที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ น้ำละลายได้ในแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลต่ำได้ดีกว่าแอลกอฮอล์พวกที่มีโมเลกุลสูง เพราะแอลกอฮอล์โมเลกุลต่ำ มีหมู่ไฮดรอก-ซิลที่มีขั้ว ส่วนแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลสูงมีอัตราส่วนของโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้วเพิ่มขึ้น ทำให้ละลายในน้ำได้น้อยลง โดยโมเลกุลของสารที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากจะละลายในน้ำได้ดี เพราะมีหมู่ที่มีขั้วมาก การดึงดูดกันระหว่างโมเลกุลของสารกับโมเลกุลของน้ำจึงมีมากขึ้น เช่น การละลายของน้ำตาลในน้ำ เป็นต้น

2.3.1.4 การเกิดคอลลอยด์ สารประกอบหลายชนิดในอาหารจะถูกแพร่กระจายในน้ำเกิดเป็นคอลลอยด์ เช่น โปรตีนซึ่งเป็นสารอาหารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่และมีพื้นที่ผิวมาก ไม่สามารถเกิดเป็นสารละลายได้ แต่จะเกิดเป็นคอลลอยด์แพร่กระจายในน้ำ ปัจจัยที่ทำให้คอลลอยด์แพร่กระจายได้ คือ การมีชั้นของโมเลกุลของน้ำมาล้อมรอบผิวของอนุภาคคอลลอยด์ และการเกิดแรงผลักกันระหว่างประจุที่เหมือนกันของอนุภาค ทำให้มันแยกห่างจากกัน เช่น โปรตีนในน้ำนมจะแพร่กระจายอยู่ในน้ำรูปของคอลลอยด์ เป็นต้น

2.3.1.5 การเกิดโด (Dough) องค์ประกอบของอาหารอาจรวมอยู่กับโมเลกุลของน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจน เมื่อมีการเติมน้ำลงไปในอาหาร ส่วนประกอบของอาหารจะไม่แพร่กระจาย เช่น ในการทำขนมปัง แป้งและโปรตีนที่มีอยู่ในส่วนผสมของแป้งจะถูกเติมน้ำเพื่อผสมกับส่วนอื่น ๆ ถ้าเติมน้ำลงไปในแป้งส่วนผสมจะไม่สามารถรวมตัวกันเกิดเป็นโดได้

2.3.1.6 การเกิดเจลาติไนซ์ (Gelatinization) แป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็น ทั้งนี้เพราะที่ผิวหน้าของเม็ดแป้งมีการเรียงตัวกันของอนุภาคของแป้งอย่างเป็นระเบียบและหนาแน่น แต่ถ้าน้ำแป้งได้รับความร้อนน้ำจะแพร่ผ่านผนังของเม็ดแป้งเข้าไป ทำให้เม็ดแป้งพองตัวขึ้นเป็น 5 เท่า เม็ดแป้งจะมีการขยายตัว และเบียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกันมากขึ้น ในที่สุดน้ำแป้งจะเปลี่ยนเป็นของเหลวข้น เรียกว่า โซล (Sol) และจะกลายเป็นเจลเมื่ออุณหภูมิลดลงขบวนการเกิดเจลนี้เรียกว่า เจลาติไนเซชัน

2.3.1.7 การเกิดเจลในแยมและเยลลี่ เจลเป็นอาหารที่มีลักษณะของแข็งแขวนลอยอยู่ในส่วนของน้ำ ซึ่งน้ำเป็นตัวทำละลายที่สำคัญในอาหารประเภทเจล การทำเจลในระยะแรกจะมีปริมาณน้ำมาก และจะลดลงเมื่อความร้อนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิดเป็นโซล และด้วยปริมาณความชื้นที่จำกัด โซลจะเปลี่ยนเป็นเจลในลักษณะเป็นวุ้นแข็ง ในทางตรงกันข้ามเจลสามารถรับน้ำได้อีก ถ้าหากมีความร้อนและความดันสูงขึ้น นอกจากนี้การบ่มเจลนี้ไว้ที่อุณหภูมิต่ำอาจเกิดการเยิ้ม (Syneresis) ขึ้นได้

น้ำในอาหารจึงนับว่าเป็นองค์ประกอบหลักของอาหารทุกชนิด โดยมีอยู่ในรูปอิสระ (Free water) และอยู่ในโมเลกุลของโครงสร้างอาหาร (Bound water) น้ำอิสระในอาหารนี้มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการเก็บรักษาอาหารอย่างมาก เนื่องจากน้ำเป็นตัวการสำคัญในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีของอาหาร รวมทั้งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ดังนั้นในการเก็บรักษาอาหารจึงนิยมใช้การระเหยน้ำอิสระจากการทำอาหาร ทำให้เข้มข้นหรือทำให้เย็นจนแข็ง (Frozen) ส่วนอีกเหตุผลในการระเหยน้ำออกจากอาหารก็คือ การทำให้อาหารมีน้ำหนักลดลงในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงน้ำในอาหารส่วนใหญ่จะมีผลต่อน้ำอิสระในอาหารโดยตรง เนื่องจากน้ำนี้มีอิสระต่อการเปลี่ยนแปลงโดยวิธีทางกายภาพธรรมดา (จิตธนา และอรอนงค์, 2549)

2.4 ความชื้น (Moisture content)

เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร เนื่องจากความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (Food spoilage) โดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (Microbial spoilage) ซึ่งกระทบต่ออายุการเก็บรักษา (Shelf life) อาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย (Perishable food) เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา

2.4.1 ความชื้นมีผลต่อความปลอดภัยทางอาหาร (Food safety) อาหารที่มีน้ำสูงเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (Pathogen) และการสร้างสารพิษ (Toxin) ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ รวมถึงการสร้างสารพิษของรา (Mycotoxin) เช่น อะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) และพาทูลิน (Patulin) ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

2.4.2 ความชื้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่าง ๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน ความร้อนจำเพาะ

2.4.3 ความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของอาหาร ได้แก่ เนื้อสัมผัส (Texture) เช่น ความกรอบ ความหนืด การเกาะติดกันเป็นก้อน ความชื้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ที่มีผลกระทบทางลบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (Lipid oxidation)

2.4.4 ความชื้นมีผลต่อการกำหนดราคาสินค้า เช่น ข้าว เมล็ดธัญพืช กำหนดราคารับซื้อผันแปรตามปริมาณความชื้น (พิมเพ็ญ และนิตยา, 2558ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไข่ (Egg)

ไข่เป็นอาหารที่มีค่าทางโภชนาการสูงมาก เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจากโปรตีนไข่มีกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นต่อร่างกายของมนุษย์ครบถ้วน เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการประกอบอาหารได้หลากหลาย ไข่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารสมัยใหม่หลายสาขา มีทั้งไข่ไก่ ไข่เป็ด ไข่ห่าน และไข่นกกระทา ซึ่งไข่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนมอบ คือไข่ไก่ ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนมากจะใช้ไข่ไก่ในรูปของไข่สด ไข่ไก่ที่นำมาทำผลิตภัณฑ์ขนมอบจะใช้ขนาดกลางซึ่งมีน้ำหนัก 1 ฟอง เท่ากับ 50–60 กรัม เป็นแหล่งสะสมของโปรตีนช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร (จิตธนา และอรอนงค์, 2554)

2.5.1 องค์ประกอบของไข่ (พิมเพ็ญ และนิตยา, 2558ข)

2.5.1.1 เปลือกไข่ (Shell) เป็นเปลือกแข็ง ห่อหุ้มด้านนอก

2.5.1.2 ช่องอากาศ (Air cell) คือพื้นที่ว่างระหว่างไข่ขาวกับเปลือก ซึ่งปรากฏอยู่ที่ปลายด้านป้านของไข่ เมื่อแม่ไก่ออกไข่มาใหม่ ๆ ไข่จะมีความร้อน เมื่อมันเย็นลงจึงทำให้เกิดช่องอากาศขึ้น ช่องอากาศนี้จะเป็นตัวบ่งบอกอายุไข่ เพราะเมื่อไข่มีอายุมากขึ้น ความชื้นและคาร์บอนไดออกไซด์จะระเหยออกตามรูพรุนของเปลือกไข่ ทำให้มีอากาศเข้าไปแทนที่ ทำให้ช่องอากาศกว้างขึ้น

2.5.1.3 ไข่ขาว (White egg) มีลักษณะเหลว มีส่วนที่เหลวใสและส่วนที่ข้น สีเหลืองอ่อนใส ห่อหุ้มไข่แดง และเป็นขั้วไข่แดง มีปริมาณร้อยละ 60 ของไข่ทั้งหมด ในไข่ขาวมีองค์ประกอบเป็นโปรตีนมากกว่าครึ่งของโปรตีนรวมในไข่ มีไนอะซีน ไรโบฟลาวิน โคลีน แมกนีเซียม โพแตสเซียม โซเดียม และซัลเฟอร์ ลักษณะของไข่ขาวก็สามารถบอกอายุไข่ได้เช่นเดียวกัน เพราะเมื่อไข่มีอายุมากขึ้น โปรตีนในไข่ขาวเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ทำให้เนื้อไข่ขาวเหลวขึ้น จึงทำให้ไข่แดงแบนราบลงด้วย เพราะไข่ขาวไม่สามารถโอบอุ้มไว้ได้

2.5.1.4 ไข่ขาวใสชั้นนอก มีประมาณร้อยละ 23.2 ของไข่ขาวทั้งหมด ไข่ขาวชั้นนอกจะอยู่รอบ ๆ ด้านข้างของไข่ขาวส่วนข้น ยกเว้นตรงหัวและท้ายของไข่เป็นส่วนที่เรียกว่า น้ำค้างไข่ มีสมบัติช่วยเพิ่มความฟูของขนมหวานบางชนิด เช่น ทองหยิบ ไข่ขาวชั้นนอกของไข่ไก่มีความชื้นร้อยละประมาณ 88.8

2.5.1.5 ไข่ขาวข้น มีประมาณร้อยละ 57.3 ของไข่ขาวทั้งหมด เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากไข่ขาวชั้นนอกเข้าไป เป็นชั้นของไข่ขาวข้นที่ห่อหุ้มไข่แดงและไข่ขาวชั้นในไว้ ความข้นจะช่วยประคองไข่แดงและไข่ขาวใสชั้นในให้ลอยตัวอยู่ได้ ป้องกันอันตรายจากการกระทบกระเทือนจากภายนอก จะประกอบด้วยเส้นใยโปรตีนรวมกัน เพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการยึดจับกับเยื่อหุ้มชั้นใน มีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 87.6

2.5.1.6 ไข่ขาวใสชั้นใน มีประมาณร้อยละ 16.8 ของไข่ขาวทั้งหมด เป็นชั้นของไข่ขาวใสที่อยู่ติดกับไข่แดง ช่วยยึดไข่แดงให้ลอยตัวอยู่ตรงกลางฟองไข่ มีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 86.4

2.5.1.7 เยื่อขั้วไข่แดง มีประมาณร้อยละ 2.7 ของไข่ขาวทั้งหมด เป็นส่วนของไข่ขาวข้นที่ห่อหุ้มไข่แดง โดยล้อมรอบเยื่อหุ้มไข่แดงจะขมวดเป็นเกลียวอยู่ที่ท้ายตามแกนยาวของไข่แดง ส่วนที่ขมวดเป็นเกลียว เรียกว่า ขั้วไข่แดง เยื่อขั้วไข่แดงจะทำหน้าที่เป็นตัวรักษาสมดุลของไข่แดงให้อยู่ตรงกลางของฟองไข่ ไข่ขาวชั้นเยื่อขั้วไข่แดงนี้มีความชื้นประมาณร้อยละ 84.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.8 ไข่แดง (Yolk egg) มีทรงกลมมีสัมหรือเหลืองอยู่ตรงกลาง เป็นส่วนที่เป็นสีเหลืองในไข่ ในไข่แดงประกอบไปด้วยวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี และวิตามินอี รวมทั้งโคลีน ลูทีน และซีแซนทีน ส่วนแร่ธาตุที่พบมากในไข่แดง ได้แก่ ฟอสฟอรัส เหล็ก และโฟเลต

2.5.1.9 จุดเลือด หรือจุดเนื้อ (Blood spots) บางครั้งก็สามารถพบได้ในไข่แดง คนส่วนใหญ่เข้าใจผิดว่าเป็นไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว แต่มันเกิดอุบัติเหตุจากการที่เส้นเลือดที่ผิวไข่แดงแยกออกจากกันในกระบวนการสร้างไข่ หรือมีเลือดออกที่ผนังรังไข่ก็เป็นได้ แต่จะมีไข่ไม่ถึงร้อยละ 1 ที่มีจุดเลือดดังกล่าว

2.5.2 โปรตีนในไข่ขาว (พิมเพ็ญ และนิตยา, 2558ค)

ไข่ขาวมีส่วนประกอบหลักคือ น้ำ ไข่ขาวมีความชื้นร้อยละ 87-89 และมีโปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนคุณภาพดีที่สุด มีกรดแอมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) ครบทุกชนิด โปรตีนในไข่ขาวเป็นแอลบูมิน (Albumin) ประกอบด้วย

2.5.2.1 โอแวลบูมิน (Ovalbumin) เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในไข่ขาว มีอยู่ประมาณร้อยละ 54 ของน้ำหนัก โปรตีนในไข่ขาวจัดเป็นฟอสโฟไกลโคโปรตีน (Phospoglycoprotein) มีโครงสร้างเป็นสายพอลิเพปไทด์ที่มีหมู่ฟอสเฟตและคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบ

2.5.2.2 มีจุดไอโซอิเล็กตริก (Isoelectric point) ที่ pH 4.6 และจะตกตะกอนที่ pH 4.6-4.8 ทนความร้อนได้ดี คอนแอลบูมิน (Conalbumin) มีประมาณร้อยละ 13 ของโปรตีนในไข่ขาว มีจุดไอโซอิเล็กตริก (Isoelectric point) ที่ pH 6.6 เป็นโปรตีนที่ทนต่อความร้อนได้น้อยกว่าโอแวลบูมิน แต่สูญเสียสภาพธรรมชาติ (Protein denaturation) ได้เร็วกว่าโอแวลบูมิน

2.5.2.3 โอโวมิวคอยด์ (Ovomucoid) พบประมาณร้อยละ 1.2 ของโปรตีนในไข่ขาว มีจุดไอโซอิเล็กตริก (Isoelectric point) ที่ pH 3.9-4.3 ในสภาวะที่เป็นกรดจะทนความร้อนได้ดีแต่ จะสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนอย่างรวดเร็วถ้าอยู่ในสารละลายด่างที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นไกลโคโปรตีนที่มีความเฉพาะเจาะจงกับเอนไซม์ทริพซิน สามารถยับยั้งเอนไซม์ทริพซิน ซึ่งเป็นเอนไซม์โปรตีเอส มีหน้าที่ไฮโดรไลซ์โปรตีน

2.5.2.4 ไลโซโซม (Lysosome) พบประมาณร้อยละ 3.5 ของโปรตีนในไข่ขาว มีจุดไอโซอิเล็กตริก (Isoelectric point) ที่ pH 10.7 เป็นเอนไซม์ที่สามารถทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียที่มีการปนเปื้อนเข้ามาในฟองไข่ได้ มีสมบัติเป็นสารกันเสีย (Preservative) แต่จะถูกทำลายได้ด้วยความร้อนจากการหุงต้ม หรือการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 63.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

2.5.2.5 โอโวอินฮิบิเตอร์ (Ovoinhibitor) มีความเฉพาะเจาะจงกับเอนไซม์ทริพซิน ไคโมทริพซิน ซับทิลิซิน และโปรตีเอสจาก *Aspergillus oryzae*

2.5.2.6 ซิสตาติน (Cystatin) หรือสารยับยั้งเอนไซม์ปาเปน มีความเฉพาะเจาะจงต่อเอนไซม์ปาเปน และฟีซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ปริมาณสารอาหารในไข่ไก่ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

ชนิดของไข่	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	โปรตีน (ก.)	ไขมัน (ก.)	คาร์โบไฮเดรต (ก.)	วิตามินเอ (RE)	บี 2 (มก.)	แคลเซียม (มก.)	เหล็ก (มก.)
ไข่ไก่ (ทั้งฟอง)	150	12	10	2	96	0.25	50	1.4
ไข่แดง	347	17.65	29.41	-	97	0.65	1.35	3.53
ไข่ขาว	5152	12.12	0.19	0.63	-	0.39	5	0.5

ที่มา: Gebhardt และRobin (2002)

2.5.3 คุณค่าทางโภชนาการของไข่ (เบญจวรรณ, 2558)

ไข่เป็นอาหารที่มีค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีนในไข่มีกรดแอมิโน (Amino acid) ประเภทชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acid) ครบทุกชนิด แสดงดังตารางที่ 2.6 ไข่ทั้งฟอง มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลักประมาณร้อยละ 66 โปรตีนร้อยละ 12 ไขมันร้อยละ 10 คาร์โบไฮเดรตและเถ้าประมาณร้อยละ 1 นอกจากสารอาหารที่ให้พลังงานแล้ว ไข่แดงยังเป็นแหล่งของวิตามินเอ วิตามินบี 12 และเป็นแหล่งอาหารที่มีแร่ธาตุเหล็กด้วย ไข่แดงประกอบไปด้วยน้ำ โปรตีน ไขมัน ธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส มีวิตามินเอ และวิตามินบี 1 ซึ่งในไข่ขาวจะมีโปรตีนมากกว่าไข่แดง

ตารางที่ 2.6 กรดแอมิโนที่จำเป็น ในไข่ (ร้อยละ) เปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีนจากอาหารอื่น

กรดอะมิโน (ร้อยละ)	ปลา	นม	เนื้อวัว	ไข่
ไลซีน	8.8	8.1	9.3	6.8
ทริปโตเฟน	1	1.6	1.1	1.9
ฮิสทิดีน	2	2.6	3.8	2.2
ฟีนีลอะลานิน	3.9	5.3	4.5	5.4
ลิวซีน	8.4	10.2	8.2	8.4
ไอโซลิวซีน	6	7.2	5.2	7.1
วาลีน	6	7.6	5	8.1

ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา (2558ข)

2.5.4 การเปลี่ยนแปลงของไข่ระหว่างการเก็บรักษา (เบญจวรรณ, 2558)

ไข่จะมีการเสื่อมคุณค่าทางโภชนาการตลอดเวลาหลังจากออกจากตัวไก่ การเสื่อมคุณค่านี้เป็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเปลือกไข่มีรูขนาดเล็กกระจายอยู่บนผิว ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซและความชื้นได้ มีผลทำให้ไข่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.1 โพรงอากาศในไข่จะมีขนาดใหญ่ขึ้นระหว่างการเก็บรักษา น้ำในไข่จะแพร่ผ่านรูเล็ก ๆ บนเปลือกไข่ ออกสู่บรรยากาศ ทำให้ไข่สูญเสียน้ำ น้ำหนักลดลง มองเห็นได้ชัดโดยใช้วิธีส่องไข่ หากเก็บไข่ไว้ในที่ที่มีความชื้นสูง จะทำให้โพรงอากาศขยายได้ช้าลง การเปลี่ยนแปลงชนิดนี้ทำให้ไข่สูญเสียน้ำไปบ้างเล็กน้อยเท่านั้น

2.5.4.2 ไข่แดงใหญ่ขึ้นน้ำในไข่ขาวสามารถเคลื่อนเข้าไปในไข่แดงด้วยแรงดันออสโมซิส เนื่องจากความเข้มข้นของไข่แดงมากกว่าไข่ขาว ทำให้ไข่แดงมีขนาดใหญ่ขึ้น ไม่อยู่ตรงกลางของฟองไข่ มีความหนืดน้อยลง เยื่อหุ้มไข่แดงจะยืดออกจนขาด ทำให้ไข่มักแตกเสียก่อนแยกไข่แดงออกจากไข่ขาว ในบางครั้งไข่แดงอาจเอียงไปติดเปลือกด้านใดด้านหนึ่ง ถ้าเก็บไข่ไว้ในอุณหภูมิที่สูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

2.5.4.3 ความหนืดไข่ขาวลดลงระหว่างการเก็บรักษา ไข่ขาวข้นจะมีความหนืดลดลง เพราะมีการย่อยโปรตีนในไข่ขาวเอง

2.5.4.4 ไข่เป็นด่างมากขึ้น เมื่อไข่สดมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของไข่ และละลายอยู่ในไข่ในรูปของกรดคาร์บอนิกและเกลือไบคาร์บอเนต ไข่สดที่ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ภายในมีค่า pH 7.5-8.5 คือ เป็นด่างเล็กน้อย ระหว่างการเก็บรักษาไข่เกิดการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านรูบนเปลือกไข่ จนภายในไข่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับอากาศโดยรอบ ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) สูงขึ้น ไข่มีฤทธิ์เป็นด่างมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้โอวิโอมิวซินในไข่ขาวเกิดการสลายตัว และทำให้รสและกลิ่นเปลี่ยนแปลง ไข่ใหม่จะให้รสอร่อยมากกว่าไข่เก่า

2.5.4.5 เชื้อจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น จุลินทรีย์สามารถเข้าไปในไข่ได้ โดยเข้าไปในที่รูพรุนของไข่ไก่ ดังนั้นเราควรเก็บไข่ไว้ในที่ที่สะอาด จุลินทรีย์บางชนิดทำให้ไข่เสียได้ และบางชนิดก็ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ

2.5.5 บทบาทเชิงหน้าที่ของไข่ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ (เบญจวรรณ, 2558)

2.5.5.1 ทำให้เกิดโครงสร้างในผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภท Sponge drops ที่มีไข่ในสูตรอยู่มาก การเกิดโครงสร้างเกิดเนื่องจากการตกตะกอนของโปรตีนทั้งในไข่แดงและไข่ขาว โดยไข่ขาวจะมีความสามารถในการเกิดโครงสร้างมากที่สุด ตามด้วยไข่ทั้งฟองและไข่แดง

2.5.5.2 ความสารถในการจับอากาศ ไข่ขาวมีความสามารถในการจับฟองอากาศมากกว่าไข่ทั้งฟอง และที่จับฟองอากาศได้น้อยที่สุด คือไข่แดง

2.5.5.3 ให้กลิ่นรส สารให้กลิ่นรสที่สำคัญในไข่มาจากไข่แดง ซึ่งมีองค์ประกอบไขมันสูง

2.5.5.4 เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ ไข่แดงจะทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ได้ดีกว่าไข่ขาวและไข่ทั้งฟอง

2.5.5.5 ทำให้เกิดสีในบิสกิต รงควัตถุคาโรทีนนอยด์ในไข่ทำให้ไข่มีสีเหลืองส้ม แต่ไข่ก็สามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ เนื่องจากมีทั้งโปรตีนและน้ำตาลกลูโคสเล็กน้อย

2.5.5.6 เพิ่มคุณค่าทางอาหาร

2.5.5.7 ป้องกันการเกิดสเตลลิ่งในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไขมัน อิมัลซิไฟเออร์ และโปรตีนในไข่ทำให้เกิดการขัดขวางการเกิด Retrogradation ของแป้ง

2.5.5.8 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความมันเงาที่ผิวหน้า เนื่องจากโปรตีนในไข่ที่แห้งแล้วจะเกิดเป็นฟิล์มบาง ๆ ที่ผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การตีผสมและการอบ

2.6.1 การตีผสมคุ้กกี้ (นภัสรพี, 2557ข)

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบ ส่วนผสม สูตรของส่วนผสม ระดับความแรงในการตีผสม ระยะเวลา และวิธีการผสม ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทต่าง ๆ หลังจากเตรียมส่วนผสม ขั้นตอนแรกคือการนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ในช่วงที่ผสมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดขึ้น คือองค์ประกอบต่าง ๆ จะมีการกระจายตัวซึ่งกันและกัน และยังเกิดการนวดก้อนโดทำให้มีการพัฒนากลูเตน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การนวดยังเป็นการตีเอาอากาศเข้าไป ทำให้ส่วนผสมมีความหนาแน่นต่ำลง คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสจะมีคุณภาพที่แตกต่างกันออกไป

2.6.1.1 ประเภทของการตีผสม

1. วิธีการผสมแบบขั้นตอนเดียว (All-in method หรือ One-stage method) เป็นวิธีการผสมแบบที่ใส่ส่วนผสมทุกอย่างในคราวเดียวกันตอนเริ่มต้น โดยส่วนที่เป็นของแห้ง แป้ง สารทำให้ฟู นมผง หรือกลิ่นรสที่เป็นผง นำมามาร่อนรวมกัน และส่วนผสมอื่น ๆ ที่เหลือใส่ตามไปด้วยกันก่อนเปิดเครื่องผสม ซึ่งลำดับการใส่ก่อนหลังของส่วนผสมจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกัน ผสมด้วยความเร็วปานกลางประมาณ 2-3 นาที เวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องผสมด้วย

2. วิธีการผสมแบบครีมมิ่ง (Creaming method) วิธีการผสมเริ่มจากผสมส่วนผสมของไขมันและน้ำตาลด้วยความเร็วปานกลาง ให้มีความเนียนและขึ้นฟู หลังจากนั้นค่อย ๆ เทไข่ลงไปในส่วนผสมของส่วนผสมที่เป็นครีมส่วนแรก และคนด้วยส่วนผสมที่เป็นของแห้งที่ได้ร่อนไว้แล้วด้วยมือหรือเครื่องผสมความเร็วต่ำ

2.6.2 การอบ

การอบเป็นกระบวนการใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำที่มีอยู่ในอาหาร และทำให้อาหารสุก โดยการนำความร้อนผ่านจานอบที่สัมผัสกับแหล่งให้ความร้อนในตู้อบหรือสายสะพาน เพื่อเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิด้านล่างของอาหาร และทำให้เกิดอัตราการอบที่แตกต่างกัน อาหารที่มีการนำความร้อนต่ำ มีอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนมีค่าต่ำ และมีผลมากต่อเวลาในการอบ ขนาดของชิ้นอาหารเป็นตัวกำหนดระยะทางความร้อน ต้องเคลื่อนที่จากผิวอาหารเข้าสู่ใจกลางอาหาร เพื่อให้การอบเป็นไปทั่วถึง ความร้อนระหว่างการอบทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนทั้งแบบการพาความร้อนร่วมกับการแผ่รังสีไปที่ผิวหน้าของอาหาร และนำความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร ระหว่างการอบยังมีการถ่ายเทมวลออกจากผิวของอาหาร ทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะบริเวณผิวหน้าของอาหาร น้ำในอาหารจะระเหยออกไป ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของอาหาร (เจตนิพัทธ์ และจักราวุธ, 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.6.2.1 การเปลี่ยนแปลงของอาหารระหว่างการอบ (พิมเพ็ญ และนิตยา, 2558ศ)

1. อาหารสุก โดยทำให้แป้งเกิดการเจลาติไนซ์ (Gelatinization) และโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (Protein denaturation)

2. ทำให้เกิดการขยายตัวของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ จากปฏิกิริยาของสารที่ทำให้ขึ้นฟู (Leavening agent)

3. เกิดเป็นโครงสร้างที่มีรูอากาศภายใน

4. เกิดเปลือกแข็ง (Crust) ที่ผิวนอกของอาหาร

5. การเปลี่ยนแปลงสี โดยเฉพาะที่ผิวนอกของอาหาร เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และปฏิกิริยาคาราเมไรเซชัน (Caramelization) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ (Non enzymatic browning reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนหรือกรดแอมิโนกับน้ำตาลในภาวะที่มีอุณหภูมิสูง

2.6.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง (พิมพ์เพ็ญ และนิตยา, 2558ฆ)

2.6.3.1 ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมาก ๆ จะมีอัตราการอบแห้งเร็ว เนื่องจากน้ำในอาหารสามารถเคลื่อนจากภายในออกสู่ภายนอกได้ง่าย นอกจากนี้อาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก อัตราการอบแห้งสามารถเกิดขึ้นได้เร็วเช่นกัน เนื่องจากพื้นที่การระเหยของน้ำในอาหารเพิ่มมากขึ้น

2.6.3.2 รูปร่างและความหนาของอาหาร อาหารที่มีความหนามาก อัตราการอบแห้งจะช้ากว่าอาหารที่หนาน้อยกว่า เนื่องจากอัตราการทำแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร

2.6.3.3 ปริมาณของอาหารที่นำมาอบแห้ง อาหารที่นำมาอบแห้งในปริมาณมาก ๆ จะมีอัตราการอบแห้งที่ช้า เนื่องจากอากาศร้อนไม่สามารถสัมผัสกับอาหารที่นำมาอบแห้งได้อย่างทั่วถึง จึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารได้ ทำให้อัตราการอบแห้งช้าลง

2.6.3.4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ซึ่งการระเหยน้ำออกจะทำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศและความเร็วลม

2.6.3.5 ความดัน เกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำ เนื่องจากน้ำจะเดือดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เมื่อความดันลดต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดัน จะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น

2.7 เมล็ดแตงโม

แตงโมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ซิทรัลลัส วูลการีส (*Citrullus Vulgaris*) เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลแตง ในวงศ์ Cucurbitaceae เช่นเดียวกับบวบ ฟัก และแตงชนิดต่าง ๆ จัดเป็นพืชเมืองร้อน มีถิ่นกำเนิดในแอฟริกาตอนเหนือและตะวันออกกลาง ภาษาอังกฤษเรียก Watermelon ภาคเหนือเรียก มะเต้า ภาคใต้เรียก แตงจีน ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมของแตงโมอยู่ในเขตร้อนที่ภาคใต้ของทวีปแอฟริกา แตงโมจึงคล้ายกับน้ำเต้าในด้านถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจายไปทั่วโลก ตั้งแต่ยุคโบราณก่อนประวัติศาสตร์ในอียิปต์ พบข้อความบันทึกเกี่ยวกับแตงโมมีอายุกว่า 4,000 ปีมาแล้ว สำหรับประเทศไทยคงปลูกแตงโมมานับร้อยนับพันปีเช่นกัน เพราะคนไทยติดต่อค้าขายกับคนต่างชาติ และแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมกันมากว่าพันปีแล้ว มีผู้สันนิษฐานว่าไทยรับแตงโมมาจากจีน ชาวใต้จึงเรียกแตงจีน ในพงศาวดารสมัยกรุงศรีอยุธยามีเรื่องราวเกี่ยวกับแตงโมปรากฏอยู่ในสมัยแผ่นดินสมเด็จพระเพทราชาเรียกว่า ผลอุลิต ซึ่งเป็นราชาศัพท์มาจากภาษาเขมร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148887

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์: แตงโมเป็นไม้ล้มลุกประเภทเถาเลื้อย มีอายุสั้น ลักษณะต้นเป็นเถาเลื้อยไปตามดิน ลำต้นเป็นสีเขียว ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกตามข้อ โคนใบกว้าง ปลายใบแหลมเล็ก ๆ ขอบใบเว้าลึก แผ่นใบมีสีเขียว มีปลายสีขาวกระจายไปทั่ว ดอกสีเหลือง ออกตามส่วนยอด ผล สีอ่อนหรือเขียวเข้ม เนื้อผลแดง เมล็ดแบน มีสีน้ำตาล ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดปลูก เมล็ดแตงโมมีลักษณะคล้ายรูปไข่ ในผลของแตงโม 1 ลูก จะมีเมล็ดแตงโมอยู่ประมาณ 400 – 600 เมล็ด (เดชา, 2539)

ตารางที่ 2.7 คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดแตงโม

สารอาหาร	หน่วย	ปริมาณต่อตัวอย่าง 100 กรัม
น้ำ	กรัม	5.05
พลังงาน	กิโลแคลอรี่	557.00
โปรตีน	กรัม	28.33
คาร์โบไฮเดรต	กรัม	15.31
ไขมัน	กรัม	47.37
แคลซียม	มิลลิกรัม	54.00
เหล็ก	มิลลิกรัม	7.28
แมกนีเซียม	มิลลิกรัม	515.00
ฟอสเฟอรัส	มิลลิกรัม	755.00
โพแทสเซียม	มิลลิกรัม	648.00
สังกะสี	มิลลิกรัม	10.24
โซเดียม	มิลลิกรัม	99.00
ไทอามีน	มิลลิกรัม	0.19
ไรโบฟาวิน	มิลลิกรัม	0.14
ไนอาซิน	มิลลิกรัม	3.55
โฟเลต	ไมโครกรัม	58.00
ไขมันอิ่มตัวทั้งหมด	กรัม	9.78
ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด	กรัม	7.40
ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด	กรัม	28.09

ที่มา: USDA (2015b)

ในปัจจุบันเมล็ดแตงโมเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารมากขึ้น ดังเช่น ในบางประเทศ เช่น ประเทศไนจีเรีย และประเทศแถบตะวันออกกลางได้มีการนำเมล็ดแตงโมมาสกัดเป็นน้ำมันสำหรับประกอบอาหาร ในขณะที่ส่วนใหญ่จะนิยมนำเมล็ดแตงโมมาทำเป็นเครื่องปรุง สารให้ความข้นหนืดในซุป สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) นำมาตกแต่งอาหารและนำมาเป็นขนมขบเคี้ยวมากที่สุดในโลก (El-Adaway และคณะ, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 สายพันธุ์แตงโม (เดียว และคณะ, 2530)

แตงโมที่ปลูกกันในปัจจุบันมีอยู่หลายพันธุ์ด้วยกัน ทั้งเป็นพันธุ์ในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งโดยทั่วไปสามารถที่จะจัดแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ โดยถือเอาลักษณะของผลและเมล็ดเป็นเกณฑ์กำหนดได้ดังนี้คือ พันธุ์ธรรมดา พันธุ์ไม่มีเมล็ด และพันธุ์เมล็ด

2.7.1.1 พันธุ์ธรรมดา มีเมล็ดขนาดเล็ก รสหวาน ได้แก่ สายพันธุ์จินตหรา ผลยาวรี เปลือกสีเขียวเข้ม มีลาย เนื้อสีแดง แตงโมตอร์ปิโด ลูกรีกว่าพันธุ์จินตหรา แตงโมกินรี ผลกลมเนื้อแดง แตงโมน้ำผึ้ง ผลกลม เนื้อเหลือง แตงโมไดอานา เปลือกเหลืองเนื้อสีแดง แตงโมจิ๋ว ผลขนาดเท่ากำปั้น เนื้อเหลือง เป็นต้น

1. พันธุ์ชูก้าเบบี้ มีลักษณะผลค่อนข้างกลม ขนาดกลางไม่ใหญ่มากนัก ผลแก่จะมีน้ำหนักประมาณ 4 กิโลกรัม ผิวนอกของผลมีสีเขียวแก่จนดูเกือบจะดำ มีริ้วสีเขียวปนดำขึ้นบนผิวเปลือก ซึ่งเปลือกจะมีลักษณะแข็งและเหนียว มีคุณสมบัติในการขนส่งไปในระยะทาง ไกล ๆ โดยไม่บอบช้ำง่าย สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน ลักษณะของเนื้อภายในผลจะมีเนื้อละเอียดเป็นทรายแดง รสหวานจัด ขนาดของเมล็ดเล็ก เป็นพันธุ์เบา อายุนับตั้งแต่เริ่มงอกจนถึงเก็บเกี่ยวผลได้ประมาณ 68 วัน หรือนับตั้งแต่ต่อดอกจนถึงผลแก่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ 35-45 วัน ให้ผลผลิตสูง ปัจจุบันเป็นที่นิยมปลูกกันมาก ในเนื้อที่ปลูก 1 ไร่ จะสามารถให้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 7,000-8,000 กิโลกรัม

2. พันธุ์ชาเลสตันเกรย์ เป็นพันธุ์ที่มีผลขนาดใหญ่ น้ำหนักต่อผลเฉลี่ยประมาณ 9 กิโลกรัม ลักษณะผลยาวรี ผิวผลสีเขียวปนขาวหรือเขียวอ่อน มีริ้วเป็นชิ้นร่างแห่สีเขียวเข้ม เปลือกแข็งทนทานต่อการขนส่ง เนื้อในสีชมพู ไส้ไม่ล้มง่าย รสหวาน คุณสมบัติพิเศษของแตงโมพันธุ์นี้มีความทนทานต่อโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* โรคแอนแทรคโนส และทนทานต่อตายเนื่องอันจากถูกแดดเผาได้ดีมาก เป็นพันธุ์หนัก อายุนับตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวผลได้ประมาณ 85 วัน

3.พันธุ์เยลโล่ เบบี้ ไฮบริด มีลักษณะผลกลม สีเขียวอ่อนที่มีลายสีเขียวเข้มพาด ลักษณะภายในเนื้อมีสีเหลือง ผิวบางแต่เหนียว อายุเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 70-75 วัน

2.7.1.2 พันธุ์ไม่มีเมล็ด เป็นพันธุ์ผสมเพื่อในการส่งการส่งออก ในญี่ปุ่นมีการทำแตงโมให้เป็นทรงสี่เหลี่ยมโดยให้ผลเจริญในกล่อง เพื่อสะดวกในการขนส่ง

1. พันธุ์เฟงซาน เบอร์ 1 ไฮบริด เป็นพันธุ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มพันธุ์ที่ไม่มีเมล็ด ลักษณะผลกลมสีเขียวเข้ม มีสีเขียวเข้มกว่าพาด ขนาดผล 20×21 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 7 กิโลกรัม มีเนื้อแน่นสีแดง รสหวาน มีคุณสมบัติขนส่งได้ไกล ๆ และเก็บรักษาได้ดี เป็นพันธุ์ที่สำคัญของไต้หวัน ที่ส่งจำหน่ายแก่ตลาดฮ่องกง

2.7.1.3 พันธุ์ที่มีเมล็ด โดยนำเมล็ดมาคั่วเป็นเมล็ดกวยจี๊ มีเนื้อน้อย แต่มีเมล็ดขนาดใหญ่

1. พันธุ์เรดโคท ไฮบริด มีลักษณะผลกลม เนื้อสีขาวหมด ส่วนเมล็ดจะเป็นสีแดง

2. พันธุ์วานลี เอฟ 2 ไฮบริด มีลักษณะกลม เนื้อสีขาวหมด เมล็ดมีสีดำ น้ำหนักต่อผลเฉลี่ยประมาณ 3 กิโลกรัม ในหนึ่งผลจะมีเมล็ดประมาณ 400 เมล็ด

นอกจากพันธุ์ดังกล่าวนี้แล้ว เกษตรกรในบ้านเรายังนิยมปลูกแตงโมพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งมีทั้งผลกลม ผลกลมรี และผลยาว สีของเปลือกมีตั้งแต่สีเขียวแก่ มีลายตามความยาวของผล เนื้อสีแดงเข้ม แดงอ่อน และสีเหลือง มีเมล็ดขนาดใหญ่และปริมาณมาก รสไม่ค่อยหวาน ไส้มักล้มง่าย แต่ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี พันธุ์ดังกล่าวนี้มักจะไม่ค่อยแน่นอนในเรื่องความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ เพราะเกิดการผสมปนกันมาหลายชั่วอายุ ชื่อพันธุ์ก็มักจะนิยมเรียกกันอยู่ตามแหล่งปลูก ซึ่งพันธุ์เหล่านี้เข้าใจว่าพันธุ์ดั้งเดิมนั้นจะมาจากไต้หวัน โดย

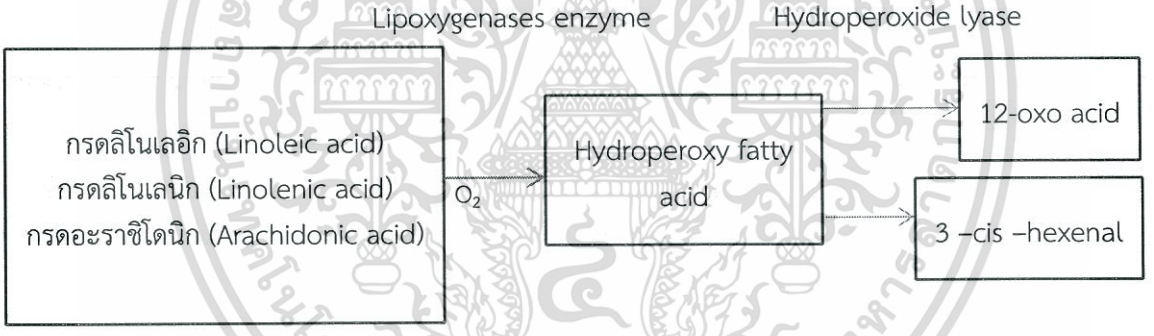
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาวสวนได้เก็บมาปลูกไว้เองและเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์สืบต่อ ๆ กันมา พันธุ์ดังกล่าวนี้ ได้แก่ พันธุ์บางช้าง พันธุ์บางบิด เป็นต้น

2.8 กลิ่นรสเขียวในเมล็ดพืช

2.8.1 กลิ่นรสเขียว (Green flavor)

กลิ่นรสเขียว จัดเป็นสารระเหยอโรมาติกประเภท Hexenals เป็นสารประกอบที่มีชื่อว่า ออกซีไลปิน (Oxylipins) เป็นกลไกที่สร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันศัตรูพืชหรือนักล่ากินพืชอื่นๆ ซึ่งการเกิดกลิ่นกลิ่นรสเขียว นี้เกิดจากกรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) ที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวประเภท PUFAs ถูกสังเคราะห์โดยเอนไซม์ไลพอกซิจีเนส (Lipoxygenases enzyme) ดัง (ภาพที่ 2.1) โดยจะเร่งปฏิกิริยา Dioxygenation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่ง Dioxygenases จะทำให้โมเลกุลของออกซิเจนเข้าไปรวมกับโมเลกุลของกรดลิโนเลนิกลำดับสุดท้ายซึ่งก็คือ กลุ่มไฮโดเปอร์ออกไซด์ ซึ่งทำปฏิกิริยากับ O_2 และพันธะคู่ที่อยู่ใกล้เคียง ทำให้เกิดรูปร่างแบบทราน โดยมี Hydroperonide lyase กระตุ้นในเกิดการแตกของ Hydroperoxylinolenic acid ให้กลายเป็น 12-oxo acid และ 3 –cis –hexenal (Gleason, 2012) อนุพันธ์ที่ได้จากการแตกตัวนี้จะทำให้เกิดกลิ่นรสเขียวในผักและผลไม้ ซึ่งอนุพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยายังสามารถทำให้เกิดกลิ่นรสต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 2.8



ภาพที่ 2.1 การสังเคราะห์ออกซีไลปินจากแอลฟา-ลิโนเลนิก (α-linolenic acid) ในลิปิดเมมเบรน
ที่มา: Gleason (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

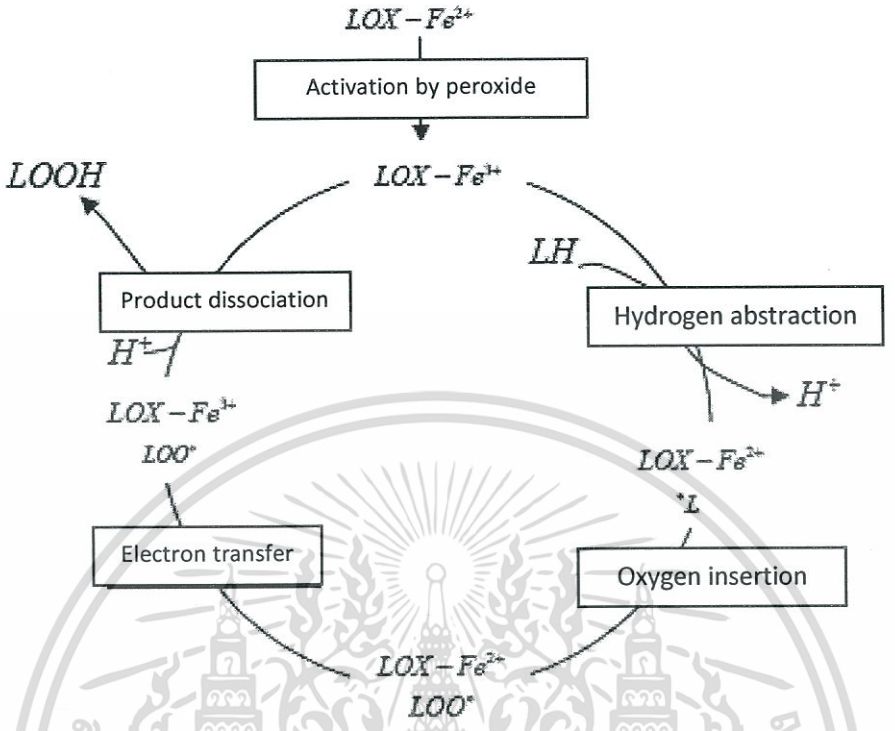
ตารางที่ 2.8 ชนิดของกลิ่นรสต่าง ๆ

ชื่อ	ลักษณะกลิ่น	การใช้ประโยชน์
(E)-2-hexenol	Sharp, Green, Leafy, Fruity, Unripe banana odor	แอปเปิ้ล เบอร์รี่ ส้มและรสลูกแพร์ และเพิ่มรสชาติในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์
(E)-3-hexenol	Intensely green, Somewhat bitter, earthy, Fatty odor	กลิ่นรสใบผักต่าง ๆ เช่น ผักกาดหอม
(Z)-2-hexenol	Powerful, Fresh, Green grass odor, with a Brandy nuance	มีกลิ่นเขียวอ่อน ๆ มากกว่า Trans-2-hexenol และช่วยเพิ่มรสในบรั่นดี
(Z)-3-hexenol	Powerful, Fresh, Green grass odor	สตรอเบอร์รี่ มะเขือเทศ สับปะรด สีส้ม ลูกแพร์ เบอร์รี่ เชอร์รี่ และองุ่น
(E)-2-hexenal	Green, Citrusy, Orange, Pungent odor	ผลไม้สีเขียว กีวี ลูกพีช แอปเปิ้ลเขียว เบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่สด เชอร์รี่ ชา ส้ม และซิตรัส
Hexanal	Intense green, Fruity, Aldehydic odor	ใช้ในการลดสัดส่วนการใช้ผลไม้ และรสชาติผัก เช่นเดียวกับเนย และเหล้ารัม
(Z)-3-nonenol	Fresh, Waxy, Green melon odor	พวกเมล่อนต่าง ๆ
(E)-2-nonenol	Waxy, Green odor	กลิ่นรสเมล่อน แตงกวา และยังให้กลิ่นไขมันโดนทอดได้

ที่มา: Gigot และคณะ (2010)

เอนไซม์ lipoxygenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา Dioxygenation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีโครงสร้างแบบ cis,cis-1, 4-pentadiene เช่น ไลโนเลอิก (18: 2) และกรดไลโนเลนิก (18: 3) (Stephany และคณะ, 2015) ภายในโมเลกุลของเอนไซม์นี้จะมีเหล็ก (Fe^{2+}) เป็นส่วนประกอบ ทำหน้าที่ดึงอะตอมไฮโดรเจนจากกรดไขมัน และเติมออกซิเจนให้กับกรดไขมันเกิด Hydroperoxide (ดังภาพที่ 2.2) ซึ่งจะสลายตัวเป็นอนุมูลของกรดไขมันต่อไปได้ (เจนจิรา และประสงค์, 2554) การสลายตัวของ Hydroperoxide มีผลทางชีวภาพและทำให้อาหารเสื่อมเสียรสชาติ เอนไซม์ lipoxygenase มีความสำคัญในอาหาร เพราะมีผลต่อสี กลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ทำลายวิตามินเอ ทำให้สูญเสียกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น กรดลิโนเลอิก (Malekian และคณะ, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 การทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน

ที่มา: Donnell และคณะ (1999)

ในปัจจุบันนี้เอนไซม์ lipoxygenase (LOX) ถูกพบในพืชสายพันธุ์ต่างๆมากมาย เช่นในใบมะเขือเทศ (Gigot และคณะ, 2010) เมล็ดถั่วเหลือง วอลนัท อัลมอนด์ (Buranasompob และคณะ, 2006) และเอนไซม์ lipoxygenase ยังทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ นอกจากนี้เอนไซม์ lipoxygenase สามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ภายใต้ค่า pH ต่ำกว่า 4 ทำให้สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้นานขึ้น และเอนไซม์ lipoxygenase ยังส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร การที่เอนไซม์ lipoxygenase ไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับกรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) และ กรดอะราคิโดนิก (Arachidonic acid) ซึ่งการทำปฏิกิริยานี้จะทำให้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายในอาหารลดลงและยังพบว่ามีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นจากการถูกเร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์นี้ ส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ (สารตั้งต้นของวิตามินเอ) โทโคฟีรอล (วิตามินอี) วิตามินซีและโฟเลตที่มีในอาหารลดลง (Fennema, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การให้ความร้อนแบบร้อนชื้น (Moisture Heat Treatment) ด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave)

เครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับนึ่งฆ่าเชื้อ โดยใช้ไอน้ำร้อนและแรงดันสูง ทำให้ของที่ผ่านการนึ่งแล้วอยู่ในสภาพปราศจากเชื้อ จึงมักใช้เครื่องนี้ในการนึ่งฆ่าเชื้อของเสียทางชีวภาพเพื่อกำจัดและป้องกันการปนเปื้อน และนอกจากจะใช้ป้องกันการปนเปื้อนแล้ว เครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) ยังสามารถใช้ฆ่าเชื้อตัวอย่างก่อนจะนำมาใช้ในการทดลองได้อีกด้วย ส่วนการใช้งานนั้น ควรมีการทดสอบเครื่องอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (รัชนี, 2553)

2.9.1 หลักการของเครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave)

หลักการของการนึ่งด้วยไอน้ำร้อนแรงดันสูง (Autoclave) คือ การนำสิ่งของที่ต้องการทำให้ปราศจากเชื้อมาไว้ในห้องที่มีความร้อน และแรงดันของไอน้ำสูงกว่าสภาวะบรรยากาศปกติในช่วงระยะเวลาหนึ่ง การนึ่งฆ่าเชื้อโดยทั่วไปจะใช้สภาวะที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยใช้ระยะเวลานึ่ง 15 นาที หากใช้อุณหภูมิสูงมาก ๆ และแรงดันไอน้ำมากกว่า 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อาจจะมีผลเสียต่ออุปกรณ์ที่เป็นโลหะ เพราะอุณหภูมิที่สูงมากเกินจะทำให้เนื้อโลหะมีคุณสมบัติเปลี่ยนไป และมีอายุการใช้งานสั้นลง รวมทั้งแรงดันไอน้ำที่สูงเกินไป อาจทำให้ผิวโลหะเป็นสนิมและสึกกร่อนได้ (ถึงแม้จะใช้ระยะเวลาที่สั้นก็ตาม) ระยะเวลาในการนึ่งตามที่ได้กล่าวถึงนี้ เป็นเวลาที่ห้องนึ่งมีอุณหภูมิและแรงดันของไอน้ำเป็นไปตามที่กำหนดเท่านั้น ไม่รวมเวลาในการเตรียมห้องนึ่งให้มีอุณหภูมิและแรงดันตามที่กำหนด

2.9.2 ชนิดของเครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการนึ่งฆ่าเชื้อก็คือเครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) ซึ่งมี 2 ชนิด คือ เครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) ระบบ Gravity : คือ เครื่องขนาดเล็กที่มีความจุไม่เกิน 20 ลิตร (มักใช้ในระดับห้องปฏิบัติการ) มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

2.9.2.1 หากใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำจะเป็น 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และหากใช้อุณหภูมิ 134 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำจะเป็น 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยอัตโนมัติ (เมื่อนึ่งในความดันบรรยากาศปกติ)

2.9.2.2 ไม่จำเป็นต้องมีการไล่อากาศออกจากห้องนึ่งก่อนเพิ่มความดันด้วยไอน้ำ เพราะแรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพียงพอที่จะไล่อากาศออกให้หมดได้อยู่แล้ว

2.9.3 เครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) ระบบ Gravity ที่ขายกันในท้องตลาดปัจจุบันมี 2 แบบ โดยดูจากวิธีการทำให้ของที่นึ่งแห้งเป็นหลัก ได้แก่

2.9.3.1 แบบเก่า: ระบบการทำให้แห้งใช้ความร้อนทำให้ของที่นึ่งแล้วแห้ง (Dry heat) โดยใช้เวลาประมาณ 30-60 นาที ดังนั้นวัสดุบางอย่างอาจมีลักษณะมีคุณสมบัติเปลี่ยนไป และทำให้อายุการทำงานสั้นลงอันเนื่องจากได้รับความร้อนนาน (ปัจจุบันไม่นิยมใช้กันแล้ว)

2.9.3.2 แบบใหม่: ระบบการทำให้แห้งจะมีตัวดูดอากาศจากภายนอกที่เย็นกว่าเข้าสู่ห้องนึ่งโดยผ่านแผ่นกรอง (Bacterial filter) ขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน อากาศที่เย็นกว่าจะไล่อากาศและไอน้ำที่ร้อนกว่า ซึ่งอยู่ภายในห้องนึ่งออกสู่หม้อต้ม การใช้เวลาในการทำให้แห้งจึงสั้นกว่า แต่ความชื้นที่เกาะอยู่กับของที่นึ่งจะออกไปไม่หมด และจะต้องเปลี่ยนแผ่นกรองอยู่บ่อยๆ เพราะแผ่นกรองอาจจะตันจากอากาศที่ดูดเข้าไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) แบบมีระบบดูดให้เป็นสุญญากาศก่อนและหลังนึ่ง (Vacuum): เครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) ระบบนี้ จะมีหม้อนึ่งขนาดใหญ่ (มักใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม) จึงเกิดปัญหาจากขนาดของห้องนึ่งคือ แรงดันไอน้ำไม่สามารถไล่อากาศออกได้หมด ทำให้การนึ่งไม่ถึงระดับการฆ่าเชื้อตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีระบบดูดอากาศออกจากห้องนึ่งก่อนแล้วค่อยใช้แรงดันไอน้ำร้อนในการนึ่ง เครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) ระบบนี้ จะมีหม้อต้มให้เกิดไอน้ำ (Steam boiler) แยกต่างหากไม่รวมอยู่ภายในห้องนึ่ง โดยจะฉีดไอน้ำทำให้ห้องนึ่งมีสภาวะความร้อนและแรงดันไอน้ำตามที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว ช่วยให้อุปกรณ์ที่ผ่านการนึ่งมีอายุยาวนานกว่าการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) ระบบ Gravity เพราะของที่นึ่งแล้วจะสัมผัสความร้อนในช่วงเวลาที่สั้นกว่า อย่างไรก็ดี เครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) ระบบนี้ เมื่อการนึ่งสิ้นสุดลงภายในห้องนึ่งจะมีสภาพเป็นสุญญากาศ ดังนั้นจึงต้องปล่อยให้อากาศภายนอกเข้าสู่ห้องนึ่งโดยผ่านแผ่นกรองก่อน จึงจะเปิดประตูได้ (ไม่ปรากฏผู้ประพันธ์, 2554)

2.10 วิธีการให้ความร้อนแบบคลื่นรังสี (Microwave Heat Treatment) ด้วยเตาอบไมโครเวฟ (Microwave)

เตาอบไมโครเวฟใช้คลื่นความถี่สูง จะแตกต่างจากเตาหุงต้มอาหารชนิดที่ใช้แก๊สหรือใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงหรือพลังงานไฟฟ้า ให้เป็นพลังงานความร้อนนี้จึงถ่ายเทสู่อาหารต่อไป ส่วนเตาอบไมโครเวฟจะสร้างคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ของคลื่นสูงกว่าความถี่ของคลื่นวิทยุธรรมดามาก คือประมาณใกล้เคียงกับความถี่ของคลื่นแสง คลื่นไมโครเวฟจะกระตุ้นโมเลกุลของอาหารให้มีการเคลื่อนไหวได้ ด้วยอำนาจแม่เหล็กทำให้อาหารร้อนขึ้นได้เร็วกว่าเมื่อใช้เตาอบธรรมดา และเนื่องจากความร้อน ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟจะเกิดขึ้นลึกลงไปจากผิวหน้าของอาหารประมาณ 0.75 นิ้ว เท่านั้น ดังนั้นหลังจากที่นำอาหารออกจากเตาอบไมโครเวฟแล้ว จะต้องวางทิ้งไว้สักครู่เพื่อให้ความร้อนที่ยังคงมีอยู่ภายในตัวอาหารกระจายไปทั่ว ๆ ทำให้อาหารสุกเสมอกัน และในบางกรณีถ้าต้องการทำให้ผิวหน้าของอาหารมีลักษณะเกรียม ก็จำเป็นที่จะต้องใช้การทำให้เกรียมด้วยวิธีการหุงต้มแบบเดิม (ธีระยุทธ และคณะ, 2558)

2.10.1 การสร้างคลื่นไมโครเวฟ

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ขั้วลบของแมกนีตรอนก็จะปล่อยอนุภาคไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอนออกมา อิเล็กตรอนจะวิ่งเข้าหาทรงกระบอกกลวง ซึ่งภายในเซาะเป็นร่องยาวไว้ ทรงกระบอกนี้ล้อมอยู่รอบขั้วลบ และทำหน้าที่เป็นขั้วบวก ขณะเดียวกันสนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็ก ประกอบกับลักษณะช่องว่างเป็นร่องยาว จะส่งผลให้เกิดแรงผลักดันอิเล็กตรอนให้วิ่งเป็นวงกลมรอบขั้วลบ เกิดสภาพเหมือนกับมีกระแสไฟฟ้าไหลกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็ว ซึ่งผลที่ได้ก็คือจะเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (เส้นที่มีลักษณะเป็นคลื่น) ที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาเท่ากันจากนั้นก้านส่งคลื่นก็จะส่งคลื่นเข้าสู่ท่อนำคลื่นต่อไป

2.10.2 คลื่นไมโครเวฟเข้าสู่ห้องอบ

คลื่นไมโครเวฟจะเคลื่อนที่ผ่านท่อนำคลื่นสู่ใบกวน (ใบกวนจะหมุน 60 ครั้งต่อนาที) ซึ่งใบของมันจะทำการสะท้อนคลื่นให้กระจายไปทั่ว ๆ ภายในของห้องอบ ลักษณะเดียวกันกับที่ใบของพัดลมซึ่งหมุนช้า ๆ ทำการสะท้อนลำของแสงอาทิตย์นั่นเอง นอกจากนั้นคลื่นที่เข้าสู่ห้องอบจะสะท้อนกับผนังภายในของห้องอบโดยรอบ ซึ่งจะมีผลทำให้คลื่นวิ่งเข้ากระทบอาหารที่อยู่ภายในเตาได้จากหลาย ๆ ทิศทาง จึงทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารสุกได้โดยทั่วถึงกัน และด้วยเหตุที่ว่าโลหะสามารถจะสะท้อนคลื่นชนิดนี้ได้ ดังนั้นภาชนะที่จะใช้ในเตาอบไมโครเวฟต้องเป็นภาชนะที่ทำด้วยแก้ว กระดาษ หรือวัสดุพรุนที่มิใช่โลหะเท่านั้น

2.10.3 การใช้คลื่นไมโครเวฟทำให้อาหารร้อน

2.10.3.1 ก่อนการหุงต้ม: โมเลกุลเรียงตัวไม่มีแบบแผน

โดยปกติลักษณะการเรียงตัวของโมเลกุลของอาหาร (รูปวงรีสีขาว-ดำ ครึ่งซีก) จะไม่มีแบบแผน อย่างไรก็ตามโมเลกุลเหล่านี้จะมีประจุไฟฟ้าบวกและลบอยู่ภายในตัว ประจุเหล่านี้จะมีปฏิกิริยาตอบสนองกับสภาวะแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟ มีผลทำให้โมเลกุลหมุนตัวไปมาเสียดสีกันเกิดเป็นความร้อนขึ้นได้

2.10.3.2 การเรียงโมเลกุลให้เป็นระเบียบ

เมื่อเตาอบไมโครเวฟทำงาน ประจุไฟฟ้าบวกและลบในตัวโมเลกุลของอาหาร จะสนองตอบกับสภาวะแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟ ในลักษณะเดียวกับที่ผงตะไบเหล็กจัดเรียงตัวตามสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก โมเลกุลของอาหารจะจัดระเบียบเรียงตัวกันในลักษณะที่ประจุไฟฟ้าภายในตัวโมเลกุลนั้น ๆ เรียงตัวขนานกันกับเส้นแนวแรงในสนามแม่เหล็ก (เส้นที่มีลักษณะเป็นคลื่น)

2.10.3.3 การหมุนโมเลกุล

ในขณะที่สนามแม่เหล็กของคลื่นไมโครเวฟเปลี่ยนทิศทาง (เส้นเต็มและเส้นประที่มีลักษณะเป็นคลื่น) โมเลกุลของอาหารก็จะเกิดการหมุนเคลื่อนที่ตามไปด้วย ทั้งนี้เพื่อพยายามเรียงตัวมันให้อยู่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็กให้ได้เสมอ และเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟมีการเปลี่ยนทิศทางในอัตราสูงถึงพันล้านครั้งต่อวินาที จึงมีผลให้โมเลกุลของอาหารซึ่งจะสั่นสะเทือนด้วยอัตราความถี่เท่ากันนี้เสียดสีกันเกิดความร้อน

2.11 การให้ความร้อนแบบร้อนแห้ง (Hot Air Heat Treatment) ด้วยเครื่องอบลมร้อน (Hot Air Oven)

เป็นตู้อบลมร้อนที่อาศัยหลักการหมุนเวียนอากาศหรือลมร้อนภายในตู้ โดยมีพัดลมแอร์โบลเวอร์ (Air Blower) ทำหน้าที่กระจายอากาศ ซึ่งมีอุณหภูมิที่พอเหมาะเข้าสู่ตู้อบลมร้อน ให้ผ่านไปสู่ผลิตภัณฑ์อย่างทั่วถึง ขณะที่ความชื้นที่ระเหยจากผลิตภัณฑ์จะถูกระบายออกทางท่อระบายอากาศ ระบบควบคุมอุณหภูมิเป็นระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงานด้วย PID Controller ซึ่งให้ความเที่ยงตรงและแม่นยำในการกำหนดอุณหภูมิการใช้งานและสามารถตั้ง เวลาการทำงานในการอบผลิตภัณฑ์ด้วยอุปกรณ์ควบคุมการตั้งเวลาแบบดิจิตอล (Digital timer) ตู้อบลมร้อนเป็นตู้สำหรับอบผลิตภัณฑ์โดยวางบนถาดสแตนเลสเจาะรู เพื่อให้ลมร้อนสามารถกระจายได้ทั่วถึงผลิตภัณฑ์ใช้สำหรับการถนอมอาหาร โดยการอบแห้งหรืออบกรอบอาหารต่าง ๆ เช่น พืช ผัก ผลไม้ ยาสมุนไพร เป็นต้น และสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ที่ต้องการทำให้แห้งทุกชนิด สามารถทำได้ในปริมาณมาก รวดเร็ว และประหยัดเวลา (ชูชาติ, 2558)

2.11.1 ตัวกำเนิดความร้อน

ตัวกำเนิดความร้อน การสร้างความร้อนไม่เกิน 1,000 องศาเซลเซียส นิยมใช้แท่งความร้อนหรือลวด ความต้านทาน (Resistance wire) ที่ทำจากโลหะผสมระหว่างนิเกิลกับโครเมียม (นิโครม) เนื่องจากมีความทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีหลาย ๆ ชนิด ตัวอย่างเช่น คลอรีน (Chlorine) โบรมีน (Bromine) ไอโอดีน (Iodine) และฟลูออรีน (Fluorine) เป็นต้น แต่ถ้าต้องการอุณหภูมิสูงกว่านี้ต้องใช้ตัวกำเนิดความร้อนที่ทำจาก Silicon carbide, Molybdenum disilicate หรือ Iron-chromium-aluminum การติดตั้งตัวกาเนิดความรอนอาจพบได้ 2 แบบ คือแบบฝังในผนัง (Embedded type) และแบบไม่ฝังในผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

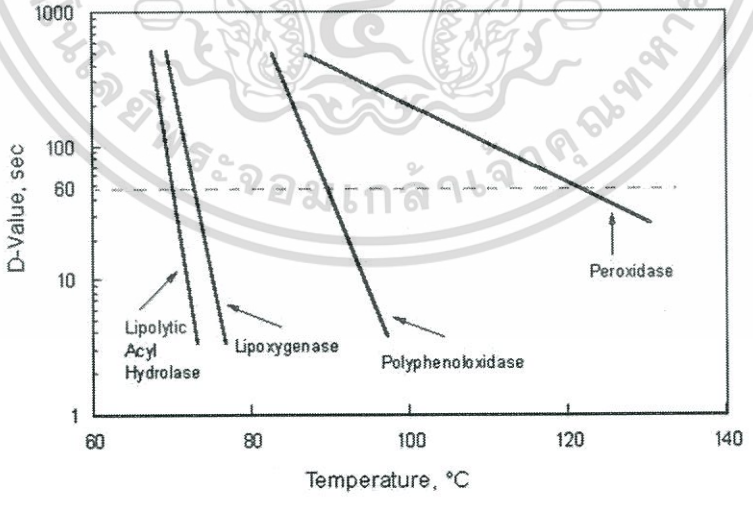
(Opened type) ซึ่งแบบไม่ฝังในผนังมีข้อดีในด้านการลดการสูญเสียความร้อนให้กับผนังตู้อบ ทำให้สามารถใช้ตัวกำเนิดความร้อนกำลังต่ำ (วัตต์) ซึ่งช่วยประหยัดกระแสไฟฟ้าและยืดอายุการใช้งานของตัวกำเนิดความร้อนได้มาก

2.12 การให้ความร้อนแบบใช้น้ำเป็นตัวพาความร้อน (Water Blanching Treatment) ด้วยการลวก (Blanching)

การลวก (Blanching) คือ การให้ความร้อนวัตถุดิบก่อนการแปรรูป โดยให้อาหารสัมผัสกับน้ำร้อน ไอน้ำร้อน ไมโครเวฟ (Microwave) หรือแหล่งความร้อนใด ๆ โดยอุณหภูมิที่ใช้ลวกอยู่ระหว่าง 70-105 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาสั้น ๆ ที่เหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิด การลวกมักใช้เพื่อเตรียมวัตถุดิบจากพืช เช่น ผัก ผลไม้ ก่อนจะนำไปแปรรูปด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การ แช่เยือกแข็ง (Freezing) การทำแห้ง (Dehydration) การผลิตอาหารกระป๋อง (Canning) การลวกผักผลไม้ด้วยน้ำอาจเติมเกลือแคลเซียม (Calcium salt) ซึ่งไปรวมตัวกับเพกทิน (Pectin) ในเซลล์พืช เพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส (Texture properties) ทำให้ผักผลไม้มีเนื้อสัมผัส แน่น แข็ง กรอบ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2558ง)

วัตถุประสงค์หลักของการลวก เพื่อทำลายเอนไซม์ (Enzyme) โดยความร้อนจากการลวกจะทำลายเอนไซม์ ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย เช่น เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) การหืน (Rancidity) จากปฏิกิริยา Hydrolytic rancidity

เอนไซม์ที่เป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมเสียของผักและผลไม้มีหลายชนิด จากภาพที่ 2.3 แสดง D value ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ลดปริมาณของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ในผักและผลไม้ลงร้อยละ 90 จากปริมาณเริ่มต้น เอนไซม์ Polyphenoloxidase (PPO) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ มี D value ที่อุณหภูมิ ประมาณ 95 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 60 วินาที ขณะที่เอนไซม์เพอร์ออกซิเดส ทนร้อนมากที่สุดมีค่า D value ที่อุณหภูมิ ประมาณ 120 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 60 วินาที



ภาพที่ 2.3 แสดงค่า D value เวลาที่ใช้ลดปริมาณของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ในผักและผลไม้
ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา (2558ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.1 ข้อดีของการลวกต่อคุณภาพอาหาร การลวกนอกจากมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์แล้วยังมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ คือ

2.12.1.1 ช่วยทำความสะอาดและลดปริมาณจุลินทรีย์วัตถุดิบ

2.12.1.2 ช่วยให้การปอกเปลือก (Peeling) วัตถุดิบบางชนิดทำได้ง่ายขึ้น

2.12.1.3 ช่วยลดปริมาณแก๊สในเซลล์ของวัตถุดิบ เป็นการช่วยรักษาสภาวะสุญญากาศ และลดแรงดันภายในกระป๋องในระหว่างการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Thermal processing)

2.12.1.4 วัตถุดิบที่หักง่าย เช่น ยอดของหน่อไม้ฝรั่ง การลวกก่อนจะทำให้วัตถุดิบหดตัว นิ่มขึ้น ลดความเปราะ หักง่ายทำให้บรรจุได้ง่าย และควบคุมน้ำหนักระหว่างบรรจุได้ง่ายขึ้น

2.12.1.5 ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสีของผักผลไม้ สีเขียวในผัก เช่น การลวกขัดขวางกลไกการเปลี่ยนแปลง Chlorophyll ไปเป็นฟีโอไฟติน (Pheophytin) ทำให้สีสดใสขึ้น

2.12.1.6 ช่วยกำจัดกลิ่นดิบ (Raw flavor) ในผักที่จะนำไปแช่เยือกแข็ง (Freezing)

2.12.1.7 ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส (Texture) น้ำอาจเติมเกลือแคลเซียม (Calcium salt) ซึ่งไปรวมตัวกับเพกทิน (Pectin) ในเซลล์พืช เพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส (Texture) ทำให้ผักผลไม้มีเนื้อแน่น แข็ง และกรอบ

2.12.2 ข้อเสียของการลวกต่อคุณภาพอาหาร

2.12.2.1 ทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินที่ไวต่อความร้อน และสูญเสียสารอาหารที่ละลายได้ในน้ำ

2.12.2.2 การลวกที่ใช้ปริมาณความร้อนมากเกินไป ทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารเสียไป

2.12.3 วิธีการลวก มี 3 วิธี คือ

2.12.3.1 การลวกด้วยน้ำร้อน (Water blanching) ทำได้ทั้งแบบกะ (Batch) โดยจุ่มวัตถุดิบลงในอ่างน้ำร้อน เมื่อครบกำหนดเวลาก็ยกขึ้นแช่น้ำเย็น หรือแบบต่อเนื่อง ปล่อยให้วัตถุดิบเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องลงในอ่างน้ำร้อนที่มีการควบคุมอุณหภูมิตามต้องการในช่วง 75-100 องศาเซลเซียส การลวกวิธีนี้ก่อให้เกิดการสูญเสียสารอาหารที่ละลายได้ในน้ำ นอกจากนี้ยังต้องระวังการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ชอบความร้อน (Thermophile)

2.12.3.2 การลวกด้วยไอน้ำ (Steam blanching) ทำได้โดยการผ่านผัก ผลไม้ เข้าไปในอุโมงค์ที่มีไอน้ำที่ความดันบรรยากาศ วิธีนี้ทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหารน้อยกว่าวิธีแรก แต่ไม่ได้ทำความสะอาดวัตถุดิบเหมือนกับวิธีแรก

2.12.3.3 การลวกด้วยไมโครเวฟ (Microwave blanching)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Mustakas และคณะ (1969) ศึกษาผลของการให้ร้อนแก่เอนไซม์ lipoxygenase โดยให้ความร้อนแบบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส ความร้อนโดยไอน้ำ และใช้ทั้งสองวิธี พบว่าการให้ความร้อนโดยไอน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที สามารถทำลายเอนไซม์ lipoxygenase ได้ร้อยละ 99

Buranasompob และคณะ (2006) ได้ศึกษาการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase ในวอลนัทและอัลมอนด์ โดยการให้ความร้อนแบบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส 2 และ 10 นาที พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ได้ร้อยละ 54, 62, 65 และ 81 ตามลำดับ

Žilić และคณะ (2010) ได้ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อปริมาณกรดไขมันและกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ในเมล็ดถั่วเหลือง โดยการศึกษาผลของการเพิ่มอุณหภูมิต่อกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase และการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมัน จากเมล็ดถั่วเหลือง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ Bosa และ ZPS 015 นำไปให้ความร้อนด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป (Extrusion) ที่อุณหภูมิ 100, 125, 140 และ 150 องศาเซลเซียส เวลา 25-30 วินาที วิธีให้ความร้อนด้วยหม้อนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1.4 บาร์ เวลา 10, 20 และ 30 นาที วิธีการทำให้มีขนาดเล็กเป็นไมครอน (Micronisation) ที่อุณหภูมิ 100, 125, 140 และ 150 องศาเซลเซียส เวลา 50-60 วินาที และวิธีให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (Microwave roasting) ที่ 800 วัตต์ และ 2,450 เมกกะเฮิร์ทซ เวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที พบว่าการอัดขึ้นรูป (Extrusion) และการทำให้มีขนาดเล็กเป็นไมครอน (Micronisation) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สามารถลดเอนไซม์ lipoxygenase ได้มากที่สุด กล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมินำไปสู่การทำลายเอนไซม์ และท้ายที่สุดสามารถทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ไข่ไก่ เบอร์ 3 ยี่ห้อท็อปส์ ซูเปอร์

ไอซิ่ง ยี่ห้อไดนาสตี้

น้ำตาลทรายละเอียด ยี่ห้อลิน

3.1.2 สารเคมี

Linoleic acid, ≥ 99 %, (Sigma Singapore)

Sodium Dihydrogen Orthophosphate, Analytical reagent grade, (Univar, U.S.A.)

di-Sodium hydrogen phosphate dehydrate, Analytical reagent grade, (Univar, U.S.A.)

Tween 20, Analytical reagent grade, (OmniPue, U.S.A.)

Hydrochloric acid, Analytical reagent grade, (RCILabscan, U.S.A.)

Sodium hydroxide, Analytical reagent grade, (Carlo Erba, French)

Potassium chloride, Analytical reagent grade, (Univar, U.S.A.)

3.2 อุปกรณ์

เครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง, (Tomy kogyo, รุ่น SX-500, ญี่ปุ่น)

เตาอบไมโครเวฟ, (Sharp, รุ่น R-252, ญี่ปุ่น)

เครื่องอบลมร้อน (Hot air oven), (Binder, รุ่น FED115, U.S.A.)

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส, (Texture Analyzer, รุ่น TAXT2i, สหราชอาณาจักร)

เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง, (Mettler Toledo, รุ่น PB3002-L, สวิตเซอร์แลนด์)

เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง, (Mettler Toledo, รุ่น PB3002-L, สวิตเซอร์แลนด์)

เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer รุ่น UV 1601)

เครื่องปั่นแห้ง, (PHILIPS รุ่น HR2068, Thailand)

โถดูดความชื้น

คีมปากแหลม

เครื่องตีผสม

หัวตีตะกร้อ

ถ้วย

กะละมังแตนเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถาดอะลูมิเนียม
ที่ร่อนแป้ง
ไม้พายยาง
ตะแกรง
ช้อน
หัวบีบ
ถุงบีบ
กระดาษอบเคลือบซิลิโคน

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การวิเคราะห์ทางเคมีของผงเมล็ดแตงโม

3.3.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพของผงเมล็ดแตงโม

นำเมล็ดแตงโมกะเทาะเปลือกบดจนละเอียดเป็นผงด้วยเครื่องปั่นแห้ง มาวิเคราะห์ทางเคมี ดังนี้

1. วิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 1998)

วิเคราะห์หาความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) อธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ก.1

2. วิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

วิเคราะห์ไขมันโดยวิธีซ็อกเลท (Soxhlet method) รายงานปริมาณไขมันเป็นร้อยละต่อน้ำหนักทั้งหมด อธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ก.2

3. วิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase (สุทธิศักดิ์, 2550)

วิเคราะห์และคำนวณกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase อธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ก.3

3.3.2 การลดกลิ่นรสเขียวในผงเมล็ดแตงโมด้วยการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ

นำเมล็ดแตงโมกะเทาะเปลือกบดจนละเอียดเป็นผงด้วยเครื่องปั่นแห้ง มาให้ความร้อนด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ ดังนี้

3.3.2.1 วิธีการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ

1. ให้ความร้อนด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที ตามลำดับ

2. ให้ความร้อนด้วยการลวก (Blanching) ที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 นาที

3. ให้ความร้อนด้วยเครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 10, และ 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ให้ความร้อนด้วยเตาอบไมโครเวฟ (Microwave) ที่ 800 วัตต์ เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที

นำเมล็ดแตงโมที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ ดังข้อ 3.3.2.1 มาวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก.5 และคำนวณกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase อธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ก.3

3.3.2.2 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD มีวิธีการให้ความร้อนเป็นตัวแปรต้น และกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase เป็นตัวแปรตาม ใช้โปรแกรม SPSS พิจารณาตาราง ANOVA ($P<0.05$) และทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการทดสอบพหุพิสัยของดันแคน (Duncan Multiple Range Test) อธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ค.1

3.3.3 การทำมาการองที่แทนที่ด้วยผงเมล็ดแตงโมที่ลดกลิ่นรสเขียว

นำผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ ที่สามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ได้มากที่สุด โดยใช้ผงเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อนใด ๆ เป็นตัวควบคุม มาทำมาการอง ตามสูตรในตารางที่ 3.1 แสดงวิธีการทดลองดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.5 และนำมาการองที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านสีและทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.3.3.1 สูตร

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณส่วนผสมของมาการอง

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
ไข่ขาว (ส่วนที่ 1)	98
ไข่ขาว (ส่วนที่ 2)	98
ผงเมล็ดแตงโม	250
น้ำตาลทราย	250
น้ำตาลไอซิ่ง	250
น้ำเปล่า	70

3.3.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านสี

นำมาการองที่ได้จากข้อ 3.3.3.1 มาวัดค่าสี อธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ก.4

3.3.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำมาการองจากผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านการให้ความร้อนที่ได้จากข้อ 3.3.3.1 มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีมาการองจากผงเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อนใด ๆ เป็นตัวควบคุม โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยใช้แบบสอบถามการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ ด้วยวิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบสเกลความชอบ 9 คะแนน (9-point Hedonic scale test) เพื่อเปรียบเทียบผลด้านความชอบในด้านต่าง ๆ ของมาการองจากผงเมล็ดแตงโม ซึ่งได้แก่ ความชอบลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม และใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแรง ด้วยวิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบสเกลให้คะแนนระดับความเข้ม (Scoring test 5 scale) เพื่อเปรียบเทียบผลด้านความแรง ซึ่งได้แก่ ความแรงของกลิ่น และความแรงของรสชาติ ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข.1

3.3.3.4 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านสี มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD มีวิธีการให้ความร้อนเป็นตัวแปรต้น และค่าสีเป็นตัวแปรตาม ใช้โปรแกรม SPSS พิจารณาตาราง ANOVA ($P<0.05$) และทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการทดสอบพหุพิสัยของดันแคน (Duncan Multiple Range Test) อธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ค.2

นำผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD มีวิธีการให้ความร้อนเป็นตัวแปรต้น มีคะแนนความชอบและระดับความแรงเป็นตัวแปรตาม ใช้โปรแกรม SPSS พิจารณาตาราง ANOVA ($P<0.05$) และทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการทดสอบพหุพิสัยของดันแคน (Duncan Multiple Range Test) อธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ค.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเมล็ดแตงโม

นำเมล็ดแตงโมกะเทาะเปลือกบดจนละเอียดเป็นผงด้วยเครื่องปั่นแห้ง และนำผงเมล็ดแตงโมที่ได้มาวิเคราะห์ความชื้น วิเคราะห์ไขมัน และกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเมล็ดแตงโม

เมล็ดแตงโม	ความชื้น (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	ค่ากิจกรรมเอนไซม์ (Unit per mL of crude enzyme)
	6.25±0.32	20.13±0.80	462.00±41.32

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเมล็ดแตงโม พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.25±0.32 มีปริมาณไขมันร้อยละ 20.13±0.80 และมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase เท่ากับ 462.00±41.32 Unit per mL of crude enzyme ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองในงานวิจัยของ Al-Khalifa (1996) พบว่าเมล็ดแตงโมมีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.24 มีปริมาณไขมันร้อยละ 21.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของการลดกลิ่นรสเขียวในเมล็ดแตงโมด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ

นำผงเมล็ดแตงโมมาให้ความร้อนจากหลาย ๆ แหล่ง และมีการแปรสภาวะของความร้อน คือ การให้ความร้อนด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave) การให้ความร้อนด้วยการลวก (Blanching) การให้ความร้อนด้วยเครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) และการให้ความร้อนด้วยเตาอบไมโครเวฟ (Microwave) ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase (Unit per ml of crude enzyme) ของผงเมล็ดแตงโมหลังการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน เทียบกับผงเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อน (ตัวควบคุม)

การให้ความร้อน	เวลา/อุณหภูมิ	ค่ากิจกรรมเอนไซม์	ค่ากิจกรรมเอนไซม์คงเหลือ (ร้อยละ)
ไม่ผ่านความร้อน (ตัวควบคุม)	-	462.00^{h} ±41.32	100.00^{h}±0.00
นึ่งไอน้ำ	10 นาที	309.33^{g} ±6.11	66.95^{g}±1.32
ความดันสูง	20 นาที	172.33^{f} ±1.52	37.30^{f}±0.33
(Autoclave)	30 นาที	83.33^{c} ±0.70	18.04^{c}±0.12
ลวก	100±2°C 5 นาที	112.00^{d} ±3.60	24.24^{d}±0.78
(Blanching)	100±2°C 10 นาที	71.67^{bc} ±3.51	15.51^{c}±0.76
อบลมร้อน	55°C 2 นาที	182.00^{f} ±25.06	39.39^{f}±5.42
(Hot air oven)	55°C 10 นาที	40.33^{a} ±5.86	8.73^{ab}±1.26
	55°C 15 นาที	36.67^{a} ±2.08	7.94^{ab}±0.44
	60°C 2 นาที	34.33^{a} ±2.52	7.43^{a}±0.54
	60°C 10 นาที	32.33^{a} ±5.50	7.00^{a}±1.19
	60°C 15 นาที	29.67^{a} ±1.52	6.42^{a}±0.32
ไมโครเวฟ	1 นาที	137.00^{e} ±8.71	29.65^{e} ±1.89
(Microwave)	3 นาที	112.67^{d} ±4.72	24.38^{d} ±1.02
	5 นาที	50.00^{ab} ±7.81	10.82^{b} ±1.68

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลองในตารางที่ 4.2 พบว่าทุกวิธีการให้ความร้อนที่ศึกษาสามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ได้ เนื่องจากการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่เป็นเอนไซม์ มีผลทำให้โครงสร้างทางเคมีเปลี่ยนไป พันธะไฮโดรเจนซึ่งทำให้เกิดโครงสร้างระดับต่าง ๆ ของโปรตีนถูกทำลาย จึงเกิดการคลายตัวของโครงสร้าง เปลี่ยนจากโครงสร้างเดิมตามธรรมชาติเป็นโครงสร้างใหม่ จึงมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ส่งผลทำให้เอนไซม์นั้นหยุดทำงาน ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2558จ) แต่วิธีการใช้การอบลมร้อน (Hot air oven) สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ได้คงเหลือร้อยละ 6-40 ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ได้สูงสุด เมื่อเทียบกับการให้ความร้อนที่เหลืออีก 3 วิธีที่ศึกษา ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ผลสอดคล้องกับในงานวิจัยของ Kermasha และMetche (1987) พบว่าการให้ร้อนแบบลมร้อนเป็นวิธีที่สามารถช่วยยับยั้งเอนไซม์กิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ได้ และงานวิจัยของ Buranasompob และคณะ (2006) ได้ศึกษาการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase ในวอลนัทและอัลมอนด์ โดยการให้ความร้อนแบบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 55และ 60 องศาเซลเซียส เวลา 2 และ 10 นาที พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ได้

ดังนั้นจึงเลือกวิธีการใช้การอบลมร้อน (Hot air oven) ที่มีสภาวะ ได้แก่ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 15 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 2 นาที และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 นาที มาศึกษาต่อ โดยการนำผงเมล็ดแตงโมทั้ง 3 สภาวะนี้ ใช้เป็นส่วนผสมแทนอัลมอนด์ในมาการอง

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาการองที่แทนที่ด้วยผงเมล็ดแตงโมที่ลดกลิ่นรสเขียว

นำผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ ที่สามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ได้มากที่สุด นั้นก็คือ ผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) 3 สภาวะ ได้แก่ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 15 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 2 นาที และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 นาที มาทดแทนผงอัลมอนด์ในการทำมาการอง โดยมีเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อนใด ๆ เป็นตัวควบคุม และนำมาการองที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพค่าสีและทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของมาการองจากผงเมล็ดแตงโม

นำมาการองจากผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) 3 สภาวะ โดยมีมาการองจากผงเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อนใด ๆ เป็นตัวควบคุม มาวิเคราะห์คุณภาพด้านสีด้วยระบบ CIE Lab scale (L*, a*, b*) ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของมาการองจากผงเมล็ดแตงโม

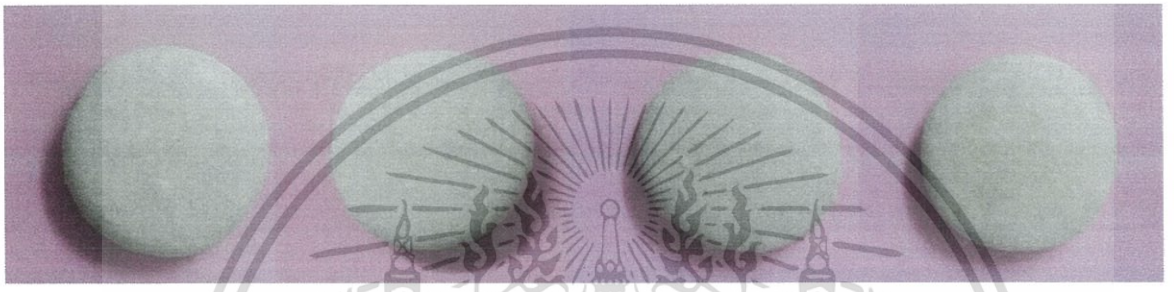
ตัวอย่างมาการองจากผงเมล็ดแตงโม	L*	a*^{ns}	b*
ไม่ผ่านความร้อน (ตัวควบคุม)	85.83^{c}±0.27	-4.42±0.78	17.25^{b}±0.02
Hot air 55°C 15 นาที	85.48^{c} ±0.18	-4.59±0.12	17.85^{ab}±0.18
Hot air 60°C 2 นาที	81.18^{b}±0.90	-4.57±0.07	19.07^{b}±0.52
Hot air 60°C 15 นาที	78.40^{a}±1.35	-4.02±0.58	19.78^{b}±1.84

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปัจจัยที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมในตารางที่ 4.3 พบว่าการใช้ผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อค่า a* แต่มีผลต่อค่า L* และ b* เนื่องจากผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่ใช้อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน เมื่อเติมลงไปในมาการอง จะทำให้เกิดการสะท้อนของแสงที่แตกต่างกันด้วย การใช้อุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้น ทำให้มาการองมีสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความสว่าง (L*) ทำให้มาการองมีความสว่างน้อยลง เนื่องจากการให้ความร้อนแก่ผงเมล็ดแตงโม ทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ ส่งผลให้สีของผงเมล็ดแตงโมเกิดการเปลี่ยนแปลง และเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ผงเมล็ดแตงโมมีสีเหลืองเข้มขึ้น และมีความสว่างลดลง (ภาพที่ 2.4)



ผงเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อนใด ๆ	ผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 55°C 15 นาที	ผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60°C 2 นาที	ผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60°C 15 นาที

ภาพที่ 2.4 มาการองจากผงเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อนใด ๆ และที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่สภาวะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากผงเมล็ดแตงโม

4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมด้านความชอบ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมด้านความชอบด้วยวิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบสเกลความชอบ 9 คะแนน (9-point Hedonic scale test) โดยผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ใช้แบบสอบถามโดยอธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ข.1 ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมด้านความชอบ โดยใช้ 9-point Hedonic scale test

ตัวอย่างมาการองจากผงเมล็ดแตงโม	ไม่ผ่านความร้อน	Hot air 55 °C 15 นาที	Hot air 60 °C 2 นาที	Hot air 60 °C 15 นาที
ลักษณะปรากฏ	6.660±1.611^{a}	6.760±1.333^{ab}	6.960±1.124^{ab}	7.040±1.278^{b}
กลิ่น	5.320±1.449^{a}	6.260±1.322^{b}	6.480±1.054^{b}	6.520±1.403^{b}
รสชาติ	5.240±1.744^{a}	6.620±1.441^{b}	6.940±1.448^{b}	7.020±1.478^{b}
เนื้อสัมผัส	5.520±1.619^{a}	6.860±1.355^{c}	6.680±1.186^{c}	6.240±1.393^{b}
ความชอบรวม	5.480±1.328^{a}	6.720±1.196^{b}	6.780±1.036^{b}	6.620±1.104^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากเมล็ดแตงโมด้านความชอบ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อนน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับมาการองจาก 3 สภาวะที่เหลือ และมาการองจากผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ทั้ง 3 สภาวะ ได้แก่ 55 องศาเซลเซียส 15 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 2 นาที และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 นาที มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าผู้ทดสอบยอมรับมาการองจากผงเมล็ดแตงโมที่สภาวะใด จึงทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมด้านความแรงของกลิ่นรสเขียวต่อ

4.3.2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมด้านความแรงของกลิ่นรสเขียว

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมด้านความแรงของกลิ่นรสเขียว ด้วยวิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบสเกลให้คะแนนความเข้ม (Scoring test 5 scale) โดยผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ใช้แบบสอบถามโดยอธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ข.1 ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมด้านความแรงของกลิ่นรสเขียว โดยใช้ Scoring test 5 scale

ตัวอย่างมาการอง จากผงเมล็ดแตงโม	ไม่ผ่านความร้อน	Hot air 55 °C 15 นาที	Hot air 60 °C 2 นาที	Hot air 60 °C 15 นาที
ความแรงของกลิ่น	3.54^{a} ±1.12	2.54^{b} ±0.84	1.76^{c} ±0.79	1.76^{c} ±0.86
ความแรงของรสชาติ	3.54^{a} ±0.88	2.50^{b} ±0.86	1.98^{c} ±0.99	1.82^{c} ±0.85

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมด้านความแรงของกลิ่นรสเขียว พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความแรงของกลิ่นและรสของมาการองที่ทำจากผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 2 นาที และ 15 นาที มีความแรงของกลิ่นรสเขียวน้อยกว่ามาการองที่ทำจากผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 15 นาที และมาการองที่เป็นตัวควบคุมคือผงเมล็ดแตงโมที่ไม่ผ่านความร้อนใด ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมาการองที่ทำจากผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 2 นาที และ 15 นาที มีความแรงของกลิ่นรสเขียวเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่จากผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของมาการองจากผงเมล็ดแตงโมในตารางที่ 4.3 มาการองที่ทำจากผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 นาที มีค่าความสว่างน้อยกว่า และมีสีเหลืองเข้มมากกว่า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 2 นาที ดังนั้นจึงเลือกผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 2 นาที มาใช้ในการทำมาการอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1. การให้ความร้อนสามารถลดกิจกรรม lipoxygenases ในผงเมล็ดแตงโมได้ ซึ่งการใช้วิธีการให้ความร้อนจากแหล่งที่ต่างกัน และการใช้เวลาและอุณหภูมิที่มากขึ้นสามารถลดกิจกรรม lipoxygenases ได้มากขึ้น

5.1.2. การให้ความร้อนด้วยวิธีลมร้อน (Hot air oven) สามารถลดกิจกรรม lipoxygenases ได้ดีที่สุด

5.1.3. การให้ความร้อนแก่ผงเมล็ดแตงโมที่อุณหภูมิและเวลาที่มากขึ้น มีผลทำให้มาการองจากผงเมล็ดแตงโมมีสีสว่างลดลง มีสีเหลืองเข้มเพิ่มขึ้น แต่มีความแรงของกลิ่นรสลดลง

5.1.4. เลือกผงเมล็ดแตงโมที่ผ่านความร้อนด้วยการอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 2 นาที มาใช้ในการทำมาการอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ (Enzyme activity) หากต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงในเชิงลึก ต้องทำการศึกษาโครงสร้างของเอนไซม์ เช่น โครงสร้าง 3 มิติของเอนไซม์แต่ละชนิด

5.2.2 วิธีการศึกษาการลดกลิ่นรสเขียวในผลิตภัณฑ์มาการองสามารถนำไปปรับใช้กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2554. เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภู่เสม. 2556. การเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์มาการองด้วยรำข้าวสังข์หยด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลราชมงคลพระนคร.

เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม. 2554. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา. สารสนเทศราชภัฏกาฬสินธุ์. 1: 59-70.

ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. 2558. ตู้อบลมร้อน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://home.kku.ac.th/chuare/12/hotairoven.pdf. 8 ธันวาคม 2558.

เดชา ศิริภัทร. 2539. แตงโม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.doctor.or.th/article/detail/328. 6 ธันวาคม 2558.

เดียว วงศ์สุวรรณ สมศักดิ์ วรรณศิริ ทวีศักดิ์ นวลพลับ ปฐพีชล วายุอัคคี และคำนึง คำอุดม. 2530. เมล็ดแตงโม. กรุงเทพฯ: ฐานเกษตรกรรม.

ธีระยุทธ สุวรรณประทีป พิชัย ลีละพัฒนะ พงษ์ธร จรัญญากรณ์ และนพดล เวชสวัสดิ์. 2558. คลื่นไมโครเวฟทำให้อาหารร้อนได้อย่างไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.rmutphysics.com/specialnews/5/microwave/Microwave2.htm. 6 ธันวาคม 2558.

นภัสรพี เหลืองสกุล. 2557ก. น้ำตาล. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นภัสรพี เหลืองสกุล. 2557ข. การตีผสมคุกกี้. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2558. Eggs and Products. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บุษยพงศ์ มุสิกไชย. 2552. ทัศนคติที่มีผลต่อการบริโภคขนมไทยของวัยรุ่นในเขตกรุงเทพ ฯ. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต.บริหาร. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ปิยศิริ สุนทรนนท์. 2551. สารต้านอนุมูลอิสระในดอกดาหลา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาชีวเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปูเป้ ถิ่นมณี. 2555. มาการอง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://pay5661.wordpress.com/page/2/. 6 ธันวาคม 2558.

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558ก. บทบาทของน้ำในอาหาร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com. 6 ธันวาคม 2558.

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558ข. ความชื้น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0830/moisture-content. 6 ธันวาคม 2558.

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558ฃ. ไข่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.food networksolution.com/wiki/word/1146/egg. 6 ธันวาคม 2558.

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558ค. ไข่ขาว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0830/moisture-content. 6 ธันวาคม 2558.

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558ค. การอบ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0200/baking. 6 ธันวาคม 2558.

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558ฆ. อัตราการทำแห้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0663/drying-rate. 6 ธันวาคม 2558.

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558ง. การลวก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0797/blanching. 8 ธันวาคม 2558.

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558จ. การสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0936/protein-denaturation. 8 ธันวาคม 2558.

ภัทธิรา เลิศปฤงคพ. 2554. น้ำตาล. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

ไม่ปรากฏผู้ประพันธ์. 2554. หลักการของเครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://scienceanalyst50.igetweb.com/articles/41939152/. 8 ธันวาคม 2558.

รัชนี อัมพรอร่ามเวทย์. 2553. เครื่องนึ่งไอน้ำความดันสูง (Autoclave). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaidentalmag.com/dent-health-tips-detail.php?type=11&id=295. 8 ธันวาคม 2558.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รัตติกานต์ วิชาเลี่ยม. 2557. ประวัติขนมไทย และขนมหวานขนมไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://sites.google.com/site/khnmmakarxng/home. 4 ธันวาคม 2558.

วลัญช์ สุภากร. 2555. Macaroon ตัวตนแท้จริงมิใช่ความหวาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.108acc.com/index.php?lite=article&qid=41992564. 6 ธันวาคม 2558.

วิไลภรณ์ สุทธา เชาวลิต อุปฐาก และปานทิพย์ ผดุงศิลป์. 2556. การศึกษากรรมวิธีการทำเปลือกแตงโมปรุงรส. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลราชมงคลพระนคร.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. ทฤษฎีอาหาร หลักการถนอมอาหารและการควบคุมคุณภาพอาหาร. หน้า 109-139. เล่มที่2. ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายลม. 2556. มารู้จักขนม Macaron กันเถอะ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.bloggang.com/mainblog.php. 6 ธันวาคม 2558.

สมัย อาจหาญ. 2558. น้ำตาล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.sahavicha.com/?name=knowledge&file=readknowledge&id=4333. 6 ธันวาคม 2558.

สุทธิศักดิ์ เจษฎาไพสิฐ. 2550. ผลของความดันสูงยิ่งและการผนึกกันอากาศต่อการเก็บรักษาระยะสั้นของน้ำพริกหนุ่มที่ผลิตจากพริกพันธุ์จักรพรรดิ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

AKYOL, C. 2004. Inactivation of peroxidase and lipoxygenase in green beans, peas and carrots by a combination of high hydrostatic pressure and mild heat treatment. M.Sc. Department of food engineering. Natural and Applied Sciences. The middle East Technical University.

Al-khalifa, A.S. Physicochemical Characteristics, Fatty Acid Composition, and Lipoxygenase Activity of Crude Pumpkin and Melon Seed Oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 44: 964-966.

AOAC. 1998. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. USA: Maryland.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. USA: Maryland.

USDA. 2015a. Basic Report: 19334. Sugars. [Online]. Available: https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods. 6 December 2015.

USDA. 2015b. Basic Report: 12174. Watermelon seeds. [Online]. Available: https://ndb.nal. ndb/foods show/3701?manu=&fgcd=. 6 December 2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Borhan, M. 1979. Lipoxygenase activity and protein solubility in extracts from soybeans treated with heat and ethanol. Ph.D. Dissertation. Food Technology. Food Science and Technology. Iowa State University.

Buranasompob, A., Tang, J., Powers, J.R., Reyes, J., Clark, S. and Swanson, B.G. 2006. Lipoxygenase activity in walnuts and almonds. ScienceDirect. 40: 893–899.

Donnell, V.B., Eiserich, J.P., Bloodsworth, A., Chumley, P.H., Barnes, K.M., Darley, V.M. and Freeman, B.A. 1999. Nitration of unsaturated fatty acid by nitric oxide-derived reaction species. Method Enzymol. 301:454-470.

El-Adawy, T.A. and Taha, K.M. 2001. Characteristics and Composition of different seed oil and flours. LWT - Food Science and Technology. 74: 47-54.

Fennema, O.R. 1993. Food Chemistry. 3rd. United States: Marcel Dekker, Inc.

Foegeding, A.E., Luck, P.J. and Davis, J.P. 2006. Factors determining the physical properties of protein foams. Food Hydrocolloids. 20: 284–292.

Gigot, C., Ongena, M., Fauconnier, M.L., Wathelet, J.P., Jardin, P.D. and Thonart, P. 2010. The lipoxygenase metabolic pathway in plants: potential for industrial production of natural green leaf volatiles. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 14(3): 451-460.

Gebhardt, S.E. and Robin, G.T. 2002. Nutritive Value of Foods. Washington: United States Department of Foods Agriculture.

Gleason, K.F. and Chollet, R. 2012. Plant biochemistry. United States: Jones & Bartlett Learning.

Irfan, I., Pawelzik. E. and Luecke, w. n.d. The use of microwave to inactivate enzymes in rape seeds. [Online]. Available: http://spiru.cgahr.ksu.edu. 13 December 2015.

Kermasha, S. and Metche, R. 1987. Changes in lipoxygenase and hydroperoxide isomerase activities during the development and storage of French bean seed. Journal of the Science of Food and Agriculture. 40: 1–10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lakshmi, J.A. and Kaul, P. 2011. Nutritional potential, bioaccessibility of minerals andfunctionality of watermelon *(Citrullus vulgaris)* seeds. LWT-Food Science and Technology. 44: 1821-1826.

Licciardello, F., Frisullo, P., Laverse J., Muratore, G. and Nobile, M.A. 2012. Effect of sugar, citric acid and egg white type on the microstructural and mechanical properties of meringues. Journal of Food Engineering. 108: 453–462.

Malekian, F., Rao, R.M., Prinyawiwatkul, W., Marshall, W.E., Windhauser, M. and Ahmedna, M. 2000. Lipase and Lipoxygenase Activity, Functionality, and Nutrient Losses in Rice Bran during Storage. Baton Rouge: LSU Agricultural Center.

Marechal, J. 2010. Secrets of Macarons. New South Wales: Murdoch books Australia.

Mustakas, G.C., Albrecht, W.J., McGhee, J.E., Black, L.T., Bookwalter G.N. and Griffin, Jr.E.L. 1969. Lipoxidase deactivation to improve stability, odor and flavor of full-fat soy flours. Journal of the American Oil Chemists' Society. 46: 623-626.

Kaufman, N. 2012. Macaron. [Online]. Available: https://www.pinterest.com/nikkikaufman. 6 December 2015.

Ogundele, J.O., Oshodi, A.A., Sanni, T.A. and Amoo, I.A. 2013. Protein isolates of gourd melon seeds and their functional properties. American Journal of Food and Nutrition. 3(4): 176-181.

Raikos, V., Campbell, L. and Euston, S.R. 2007. Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. Food Research International. 40: 347–355.

Stephany, M., Mittermaier, S.B., Weisz, U.S. and Carle, R. 2015. Lipoxygenase activity in different species of sweet lupin (*Lupinus L.*) seeds and flakes. Food Chemistry. 174: 400-406.

Žilić, S.M., Šobajić, S.S., Drinić, S.D.M, Kresović, B.J. and Vasić, M.G. 2010. Effects of heat processing on soya bean fatty acids content and the lipoxygenase activity. Journal of Agricultural Sciences. 55: 55-64.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

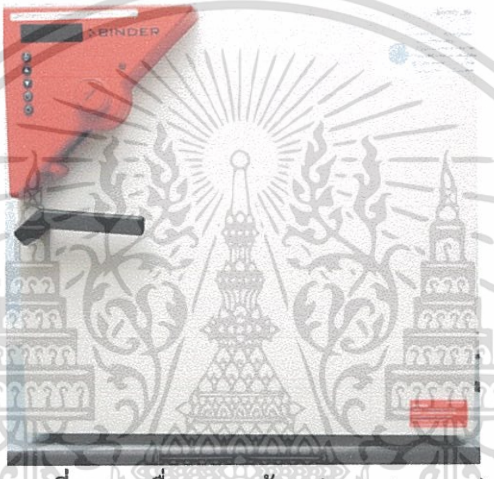
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยใช้วิธีการอบแห้ง (AOAC, 1998)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. กระป๋องอลูมิเนียม
3. เครื่องอบลมร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิได้



ภาพที่ ก.1 เครื่องอบลมร้อน (Hot air oven)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำถ้วยอลูมิเนียมไปอบที่ 120 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น (desiccator) ทิ้งไว้ให้เย็นและนำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน 4 ตำแหน่ง
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้วใส่กระป๋องอะลูมิเนียม 3.0000-5.0000 กรัม (ทำ 3 ซ้ำ)
3. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 3-4 ชั่วโมง โดยเปิดฝาถ้วยอลูมิเนียม
4. เมื่อครบเวลาปิดฝา นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้นก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก
5. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที ทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
6. นำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละน้ำหนักเปียก)} = \frac{(w2) - (w3 - w1)}{W2} \times 100$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของกระป๋องอะลูมิเนียมที่ผ่านการอบแล้ว (กรัม)
W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนผ่านการอบ (กรัม)
W_3 คือ น้ำหนักของกระป๋องอะลูมิเนียมรวมกับตัวอย่างที่ผ่านการอบแล้ว (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การวิเคราะห์ไขมันโดยวิธีซ็อกเลท (Soxhlet method) (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมันซอกซ์เล็ต (ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น S306AK) พร้อมทิมเบิล (Thimble) และบีกเกอร์ไขมัน
3. ตู้อบไฟฟ้า (Hot Air Oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. ที่คีบ (Tong)
6. Boiling chip จำนวน 2 เม็ด

สารเคมี

1. ปิโตเลียมอีเทอร์

ภาพที่ ก.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมันซอกซ์เล็ต (Soxhlet apparatus) Gerhardt รุ่น S306AK

วิธีการวิเคราะห์

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ Boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 1ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง)

1. นำบีกเกอร์ไขมันที่อบไล่ความชื้นแล้วไปชั่งน้ำหนัก ตวงปิโตเลียมอีเทอร์ 140 มิลลิลิตร ลงในบีก-เกอร์ไขมัน ใส่ลูกแก้ว 3-4 เม็ดลงไป

2. ชั่งตัวอย่างมา 3.000-4.000 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง นำมาใส่ทิมเบิล นำเข้าเครื่องสกัดไขมัน

3. เปิดสวิตช์เครื่อง กด on เพื่อเปิดเครื่อง เมื่อเปิดเครื่อง เครื่องจะทำการล็อคบีกเกอร์ไขมันอัตโนมัติ ทำการสกัดโดยใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง

4. นำบีกเกอร์มาระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์โดยนำไปวางบนเครื่องให้ความร้อน (Hot plate) จนระเหยหมด ทำให้ให้เย็นในโถดูดความชื้น รอให้เย็นจึงชั่งน้ำหนัก

5. นำน้ำหนักที่ได้คำนวณหาเปอร์เซ็นไขมันในตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{W_2 \times 100}{W_1}$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักบีกเกอร์ตัวอย่างก่อนอบ

W_2 คือ น้ำหนักบีกเกอร์ตัวอย่างหลังอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การวิเคราะห์เอนไซม์ lipoxygenases (สุทธิศักดิ์, 2550)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องปั่นแห้ง
3. เครื่องปั่นเปียก
4. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge รุ่น 5804 R)
5. หลอดเซนติฟิวก์พลาสติก
6. ขวดปรับปริมาตร
7. บีกเกอร์
8. ไมโครปิเปต
9. หลอดทดลอง
10. เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer รุ่น UV 1601)
11. คิวเวต
12. เครื่องเขย่าสาร (Vortex mixer)

สารเคมี

1. Sodium Dihydrogen orthophosphate
2. di-Sodium hydrogen orthophosphate
3. Linoleic acid
4. Tween 20
5. Sodium hydroxide 1 นอร์มัล
6. กรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มัล

วิธีการวิเคราะห์

1. การสกัดเอนไซม์ lipoxygenase

1.1 เตรียม 0.05 โมลาร์ Phosphate buffer pH 6.2 โดยชั่ง Sodium Dihydrogen orthophosphate มา 7.02 กรัม ชั่ง di-Sodium hydrogen orthophosphate มา 0.70 กรัม เติม Potassium chloride 74.55 กรัม เติมน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร คนสารให้เข้ากันแล้วปรับ pH เป็น 6.2 แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

ภาพที่ ก.3 การเตรียม 0.05 โมลาร์ Phosphate buffer pH 6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ชั่งตัวอย่างมา 20 กรัม ใส่ในเครื่องปั่นเปียก เติมบัฟเฟอร์สำหรับสกัดเอนไซม์ lipoxygenase 100 มิลลิลิตร ปั่นละเอียดเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge รุ่น 5804 R) ที่ 12,000 xg เป็นเวลา 40 นาที เก็บส่วนละลายใส (Supernatant) ไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หากิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase

ภาพที่ ก.4 การสกัดเอนไซม์ lipoxygenase จากผงเมล็ดแตงโม

2. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์ lipoxygenase

2.1 เตรียม 0.1 โมลาร์ Phosphate buffer pH 6.0 เตรียมโดยชั่ง Sodium dihydrogen orthophosphate มา 14.7 กรัม ชั่ง di-Sodium hydrogen orthophosphate มา 0.85 กรัม เติมน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร คนสารให้เข้ากันจากนั้นปรับ pH เป็น 6.0 แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

ภาพที่ ก.5 การเตรียมบัฟเฟอร์สำหรับวิเคราะห์เอนไซม์ lipoxygenase

2.2 ปิเปต Linoleic acid มา 78.6 ไมโครลิตร และ Tween 20 มา 78.6 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม 1 นอร์มัล Sodium hydroxide 0.5 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันจะได้สารละลายใส เติมบัฟเฟอร์สำหรับวิเคราะห์ lipoxygenase ลงไป 80 มิลลิลิตร ปรับ pH สารละลายให้ได้ 6.0 แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยบัฟเฟอร์สำหรับวิเคราะห์ lipoxygenase

ภาพที่ ก.6 การเตรียมสารตั้งต้นสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์ lipoxygenase

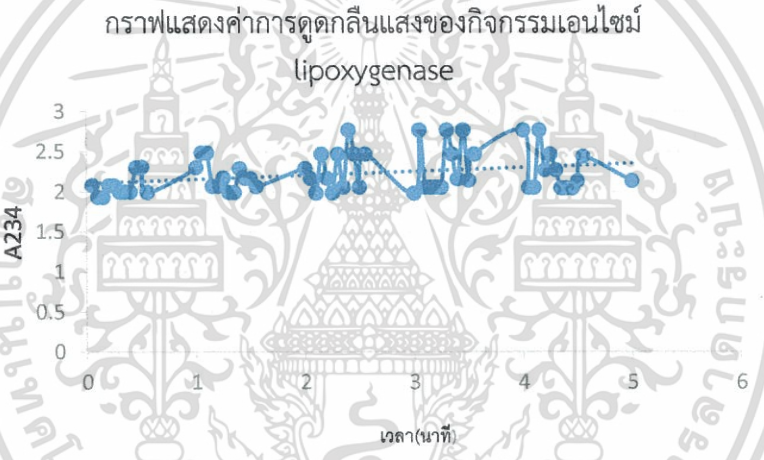
2.3 วิธีวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ lipoxgenase

2.1 ใส่สารสับสเตรทสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์ lipoxygenase ลงในหลอดทดลองปริมาตร 4.90 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์ lipoxgenase ที่สกัดได้ลงไป 0.1 มิลลิลิตร วัด A_{234} ทุกๆ 5 วินาที เทียบกับ Blank โดย Blank คือ สารสับสเตรทสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์ lipoxygenase 4.90 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 0.10 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ก.7 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ lipoxgenase โดยใช้เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer รุ่น UV 1601)

การคำนวณกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase



ภาพที่ ก.8 ตัวอย่างกราฟการวัดกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase

ในการทดลองใช้ปริมาณของ crude enzyme 0.1 มิลลิลิตร ในการวิเคราะห์ สมมติวัดกิจกรรมอนไซม์แล้วคำนวณ slope ได้เท่ากับ 0.0496 ΔA234 ต่อนาที (คำนวณจากการพล็อตกราฟในโปรแกรม Excel) คำนวณกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ในรูป Unit/ml of crude enzyme ได้ดังนี้

นิยาม : เอนไซม์ 1 Unit เท่ากับ ปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่า A_{234} เพิ่มขึ้น 0.001 หน่าย ในเวลา 1 นาที ภายใต้สภาวะที่ทำการทดลอง

ค่า A_{234} เพิ่มขึ้น 0.001 หน่วยต่อนาที เท่ากับเอนไซม์ 1.0 Unit

ดังนั้น ค่า A234 เพิ่มขึ้น 0.0496 หน่วยต่อนาที เท่ากับเอนไซม์ 49.6 Unit

Crude enzyme 0.10 มิลลิลิตร มีกิจกรรมเอนไซม์ 49.6 Unit

Crude enzyme 1.00 มิลลิลิตร มีกิจกรรมเอนไซม์ 496.0 Unit

ดังนั้น Crude enzyme มีกิจกรรมเอนไซม์ 496 Unit /ml of crude enzyme

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 การวัดสี

ภาพที่ ก.9 เครื่องวัดสีรุ่น Minolta CR-300

วิธีการวิเคราะห์

1. ทำการ Calibrate เครื่อง โดยเทียบมาตรฐานในการวัดสีของเครื่องกับแผ่นมาตรฐาน โดยนำกระบอกวัดสีมาแตะกับแผ่นเซรามิก จากนั้นกดปุ่ม Calibrate เครื่องจะทำการวัดสีของแผ่นเซรามิก จากนั้นเทียบว่าค่าของเครื่องที่อ่านได้ว่าค่าสีมีค่าเท่ากับ y = 92.2, x = 31.38, y = 0.3197 หรือไม่ ค่าที่อ่านได้สามารถคาดเคลื่อนได้ ±0.01

2. นำตัวอย่างใส่ลงในภาชนะสำหรับวัดสี แล้วมาวัดสีโดยใช้กระบอกวัดสี กดปุ่ม Measure อ่านค่า L*, a* และ b* บนจอแสดงผล บันทึกผล

หมายเหตุ: ผลที่ได้แสดงเป็นค่า L*, a* และ b* โดยแต่ละค่ามีความหมาย ดังนี้

- ค่า L* (ความสว่างของสี) เมื่อค่า L* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง มีสีคล้ำ ถ้าเข้าใกล้ 100 แสดงว่ามีสีสว่าง
- ค่า a* มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีเขียว หากเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีแดง
- ค่า b* มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน หากเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 ขั้นตอนการทำมาการองจากผงเมล็ดแตงโม

อุปกรณ์

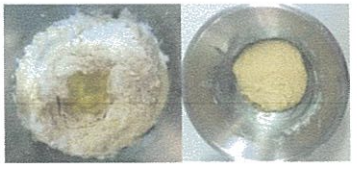
1. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง, (Mettler Toledo, รุ่น PB3002-L, สวิตเซอร์แลนด์)
2. เครื่องตีผสม
3. หัวตีตะกร้อ
4. ถ้วย
5. กะละมังแตนเลส
6. ถาดอะลูมิเนียม
7. ที่ร่อนแป้ง
8. ไม้พายยาง
9. ตะแกรง
10. ช้อน
11. หัวบีบ
12. ถุงบีบ
13. กระดาษอบเคลือบซิลิโคน
14. สูตรและขั้นตอนการทำมาการอง

ตารางที่ ก.1 แสดงปริมาณส่วนผสมของมาการอง

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
ไข่ขาว (ส่วนที่ 1)	98
ไข่ขาว (ส่วนที่ 2)	98
ผงเมล็ดแตงโม	250
น้ำตาลทราย	250
น้ำตาลไอซิ่ง	250
น้ำเปล่า	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำมาการอง



ผสมไข่ขาว (ส่วนที่ 1) ลงในผงเมล็ดแตงโมกะเทาะเปลือกและน้ำตาลไอซิ่งที่ร่อนแล้ว

นำน้ำตาลทรายและน้ำ ใส่หม้อ นำไปต้มจนได้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

นำไข่ขาว (ส่วนที่ 2) ใส่ลงโถตีผสม ตีผสมด้วยความเร็วสูงสุด

เมื่อน้ำตาลที่ต้มมีอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นำเทลงโถตีผสม ตีจนได้เมอแรงค์ที่ตั้งยอดแข็ง

ตักเมอแรงค์ที่ตั้งยอด ไปตะล่อมกับส่วนผสมขั้นตอนที่ 1 จนเข้ากัน จึงเอาใส่ถุงบีบ

บีบลงถาด พักหน้าให้แห้ง 30 นาที นำไปอบที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 12 นาที

นำมาการองที่ได้มาพักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบและความแรงของกลิ่นรส

ข.1 แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาการองจากผงเมล็ดแตงโม

ผลิตภัณฑ์ : มาการองจากผงเมล็ดแตงโม

ชื่อผู้ทดสอบ : ..... วันที่ : .....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างที่ท่านได้รับตามลำดับ และให้คะแนนความชอบตามที่ท่านรู้สึกในแต่ละปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก 5 = เฉยๆ 8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง			
	773	294	565	415
ลักษณะปรากฏ				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบรวม				
การยอมรับ (√/X)				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่าง 773, 294, 565 และ 415 ตามลำดับ และให้คะแนนความแรงของกลิ่นและรสชาติตามที่ท่านรู้สึกต่อผลิตภัณฑ์ ให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

5 = กลิ่นแรงมากที่สุด 4 = กลิ่นแรงมาก 3 = กลิ่นแรงปานกลาง

2 = กลิ่นแรงเล็กน้อย 1 = ไม่มีกลิ่นเลย

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง			
	773	294	565	415
ความแรงของกลิ่น				
ความแรงของรสชาติ				

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS พิจารณาตาราง ANOVA ดูค่า Sig ของ F ถ้ามีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) หากมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ต้องนำไปทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการทดสอบพหุพิสัยของดันแคน (Duncan Multiple Range Test)

ค.1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของผงเมล็ดแตงโม

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ด้วยโปรแกรม SPSS ของผงเมล็ดแตงโม

ตารางที่ ค.1 ตาราง Duncan ด้านการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase (Unit per ml of crude enzyme) ของผงเมล็ดแตงโมหลังการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน

		Subset for alpha = 0.05							
Sample	N	1	2	3	4	5	6	7	8
Hot air 60°C 15mins	3	29.67							
Hot air 60°C 10mins	3	32.33							
Hot air 60°C 2mins	3	34.33							
Hot air 55°C 15mins	3	36.67							
Hot air 55°C 10mins	3	40.33							
Microwave 5mins	3	50.00	50.00						
Blanching 10mins	3		71.67	71.67					
Autoclave 30mins	3			83.50					
Blanching 5mins	3				1.1200E2				
Microwave 3mins	3				1.1267E2				
Microwave 1min	3					1.3700E2			
Autoclave 20mins	3						1.7233E2		
Hot air 55°C 2mins	3						1.8200E2		
Autoclave 10mins	3							3.0933E2	
Raw	3								4.6200E2
Sig		.12	.063	.29	.95	1.00	.39	1.00	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของมาการองจากผงเมล็ดแตงโม

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้านสี

ตารางที่ ค.2 ตาราง ANOVA ด้านสี

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	114.97	3	38.32	55.69	0.00
	Within Groups	5.51	8	0.69		
	Total	120.48	11			
a*	Between Groups	0.63	3	0.21	2.32	0.15
	Within Groups	0.73	8	0.09		
	Total	1.36	11			
b*	Between Groups	11.85	3	3.95	4.25	0.05
	Within Groups	7.44	8	0.93		
	Total	19.28	11			

ตารางที่ ค.3 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวอย่างด้านสี ด้วยวิธี Duncan ค่า L*

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Hot air 60°C 15mins	3	78.41		
Hot air 60°C 2mins	3		81.18	
raw	3			85.49
Hot air 55°C 15mins	3			85.83
Sig.		1.00	1.00	0.62

ตารางที่ ค.4 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวอย่างด้านสี ด้วยวิธี Duncan ค่า a*

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Hot air 60°C 15mins	3	-4.59
Hot air 60°C 2mins	3	-4.57
raw	3	-4.42
Hot air 55°C 15mins	3	-4.02
Sig.		0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวอย่างด้านสี ด้วยวิธี Duncan ค่า b*

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Hot air 60°C 15mins	3	17.26	
Hot air 60°C 2mins	3	17.85	
raw	3	19.07	19.07
Hot air 55°C 15mins	3		19.79
Sig.		0.06	.39

ผลการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างมาการองจากผงเมล็ดแตงโมเมื่อทดลองให้วิธี อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันแก่ผงเมล็ดแตงโม

ตารางที่ ค.6 ตาราง Ducan ด้านผลการยอมรับโดยรวม

block	N	Subset	
		1	2
Raw	50	5.48	
Hot air 60°C 15mins	50		6.62
Hot air 60°C 2mins	50		6.72
Hot air 55°C 15mins	50		6.78
Sig.		1.00	.44

ตารางที่ ค.7 ตาราง Ducan ด้านลักษณะปรากฏ

block	N	Subset	
		1	2
Raw	50	6.66	
Hot air 60°C 15mins	50	6.76	6.76
Hot air 60°C 2mins	50	6.96	6.96
Hot air 55°C 15mins	50		7.04
Sig.		0.11	.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.8 ตาราง Ducan ด้านกลิ่น

block	N	Subset	
		1	2
Raw	50	5.32	
Hot air 60°C 15mins	50		6.26
Hot air 60°C 2mins	50		6.48
Hot air 55°C 15mins	50		6.52
Sig.		1.00	.25

ตารางที่ ค.9 ตาราง Ducan ด้านรสชาติ

block	N	Subset	
		1	2
Raw	50	5.28	
Hot air 60°C 15mins	50		6.62
Hot air 60°C 2mins	50		2.90
Hot air 55°C 15mins	50		7.00
Sig.		1.00	.11

ตารางที่ ค.10 ตาราง Ducan ด้านเนื้อสัมผัส

block	N	Subset		
		1	2	3
Raw	50	5.52		
Hot air 60°C 15mins	50		6.24	
Hot air 60°C 2mins	50			6.68
Hot air 55°C 15mins	50			6.86
Sig.		1.00	1.00	0.38

ตารางที่ ค.11 ตาราง Ducan ด้านความแรงของกลิ่น

block	N	Subset		
		1	2	3
raw	50	3.54		
Hot air 60°C 15mins	50		1.76	
Hot air 60°C 2mins	50		1.76	
Hot air 55°C 15mins	50			2.54
Sig.		1.00	1.00	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.12 ตาราง Ducan ด้านความแรงของรสชาติ

block	N	Subset		
		1	2	3
raw	50	3.54		
Hot air 60°C 15mins	50		1.82	
Hot air 60°C 2mins	50		1.98	
Hot air 55°C 15mins	50			2.50
Sig.		1.0	.26	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวคันธรส สง่าญาติ
วัน เดือน ปี เกิด	13 กันยายน 2536
ประวัติการศึกษา	2559 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	2555 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๒
ประสบการณ์การทำงาน	ฝึกงาน บริษัท แอลเอสจี สกายเชฟส์ (ประเทศไทย) จำกัด
และผลงานวิจัย	การใช้ผงเมล็ดแตงโมแทนที่ผงเมล็ดอัลมอนด์ในการทำมาการองและการลดกลิ่นรสเขียวของผงเมล็ดแตงโม

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวชุติมา ชูมาก
วัน เดือน ปี เกิด	24 สิงหาคม 2536
ประวัติการศึกษา	2559 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	2555 โรงเรียนสภาราชินี จังหวัดตรัง
ประสบการณ์การทำงาน	ฝึกงาน บริษัท แอลเอสจี สกายเชฟส์ (ประเทศไทย) จำกัด
และผลงานวิจัย	การใช้ผงเมล็ดแตงโมแทนที่ผงเมล็ดอัลมอนด์ในการทำมาการองและการลดกลิ่นรสเขียวของผงเมล็ดแตงโม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้