การใช้ผงเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาแทนผงเมล็ดอัลมอนด์ในการผลิตมาร์ซิแพน

REPLACEMENT OF ALMOND POWDER BY WATERMELON SEED AND SACHA INCHI POWDERS IN MARZIPAN PRODUCTION

ลักษมณ อยู่ศิริ

LAKSAMON YOOSIRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-AI-M-053-299

การใช้ผงเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาแทนผงเมล็ดอัลมอนด์ในการผลิตมาร์ซิแพน

REPLACEMENT OF ALMOND POWDER BY WATERMELON SEED AND SACHA INCHI POWDERS IN MARZIPAN PRODUCTION

ลักษมณ อยู่ศิริ

LAKSAMON YOOSIRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

b00266033
TM000 60

KMITL-2018-AI-M-053-299

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REPLACEMENT OF ALMOND POWDER BY WATERMELON SEED AND SACHA INCHI POWDERS IN MARZIPAN PRODUCTION

LAKSAMON YOOSIRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF FOODSCIENCES

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-AI-M-053-299

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2018

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้ผงเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาแทนผงเมล็ดอัลมอนด์ในการผลิตมาร์ซิแพน

REPLACEMENT OF ALMOND POWDER BY WATERMELON SEED AND SACHA INCHI POWDERS IN MARZIPAN PRODUCTION

ชื่อนักศึกษา นางสาวลักษมณ อยู่ศิริ

รหัสประจำตัว 56608011

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล	
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม	
ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร	
รศ.ดร.ระติพร มูลสาร	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 18 มิถุนายน 2561 เวลา 09.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 19 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้เมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาแทนอัลมอนด์ในการผลิตมาร์ซิแพน
นักศึกษา	นางสาวลักษมณ อยู่ศิริ
รหัสนักศึกษา	56608011
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2561
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล

บทคัดย่อ

มาร์ซิแพนเป็นของหวานชนิดหนึ่งซึ่งมีอัลมอนด์บด น้ำตาลทรายบดละเอียด และเมอร์แรงค์หรือน้ำผึ้ง เป็นส่วนประกอบ โดยมากใช้มาร์ซิแพนใช้เพื่อการตกแต่งเค้กหรือเป็นไส้ของขนมอบ และเนื่องจากอัลมอนด์จัดอยู่ในอาหารที่อาจก่อให้เกิดอาการแพ้ (allergic food) การทดแทนเมล็ดอัลมอนด์ด้วยเมล็ดพืชชนิดอื่นที่ไม่ก่อให้เกิดการแก้จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาทดแทนอัลมอนด์ในการทำมาร์ซิแพน โดยเริ่มจากทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาเทียบกับอัลมอนด์ พบว่า เมล็ดแตงโมปริมาณของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 27.59, 40.99 และ 23.90 ตามลำดับ และเมล็ดถั่วดาวอินคามีปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 24.42, 43.36 และ 22.75 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับอัลมอนด์ จึงสามารถทดแทนการใช้อัลมอนด์ในมาร์ซิแพนได้ จากนั้นศึกษาสภาวะการอบแห้งแบบลมร้อน (อุณหภูมิ 40-80 องศาเซลเซียส นาน 0-270 นาที) พบว่า เมล็ดแตงโมอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 210 นาที และเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้งที่ 40 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้ง และการศึกษาขนาดอนุภาคของผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคา (<560, 560-630 และ 630-700 ไมโครเมตร) ต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพน พบว่า การลดลงของขนาดอนุภาคมีผลทำให้ค่าความแข็ง (hardness) และค่าการเกาะตัว (cohesiveness) ของมาร์ซิแพนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกผงเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีขนาดอนุภาค <560 ไมโครเมตร มาใช้ในการทำมาร์ซิแพนแล้วทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกเมล็ดแตงโมหรือเมล็ดถั่วดาวอินคาที่จะเหมาะสมในการทดแทนอัลมอนด์ ผลคือมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม มีคะแนนการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านกลิ่นถั่ว และความชอบโดยรวมมากกว่ามาร์ชิแพนจากถั่วดาวอินคา จึงเลือกใช้ผงเมล็ดแตงโมในการปรับปรุงคุณภาพของมาร์ชิแพน จากนั้นผงเมล็ดแตงโมขนาด <560 ไมโครเมตร ถูกเลือกมาใช้ในการทำมาร์ชิแพนโดยเลือกจากผลการการประเมินทางประสาทสัมผัสและการวัดระดับความพอดีของมาร์ชิแพน จากผลคะแนนของมาร์ชิแพน พบว่า คะแนนลักษณะปรากฏ และกลิ่นถั่วอยู่ในช่วงระดับพอดี(JAR) เท่ากับร้อยละ 95 คะแนนความแข็งและการเกาะตัวอยู่ในช่วงระดับที่น้อยไป (less than JAR) เท่ากับร้อยละ 100 และ 70 ตามลำดับ และมีคะแนนความหวานอยู่ในช่วงระดับที่มากไป (more than JAR) ร้อยละ 95 จากนั้นปรับปรุงคุณภาพของมาร์ชิแพนจากผงเมล็ดแตงโมด้วยการทดลองแบบผสม (Mixture design) เพื่อหาปริมาณส่วนประกอบที่ทำมาร์ชิแพนที่เหมาะสม พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของมาร์ชิแพน คือ ผงเมล็ดแตงโมร้อยละ 58.44 น้ำตาลทรายบดละเอียดร้อยละ 26.83 และเมอร์แรงค์ร้อยละ 14.73 โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าการทำนายและค่าการทดสอบพบว่า ค่าการทดสอบที่ได้มีค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าการเกาะตัวที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าการทำนาย และมีค่าปริมาณความชื้น ค่าความแข็ง ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสมากกว่าค่าทำนาย จากนั้นปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้านการเกาะตัวของมาร์ชิแพนด้วยไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ คอร์นสตาร์ช กัวร์กัม แซนแทนกัม และอะราบิกกัม ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า มาร์ชิแพนที่เพิ่มแซนแทนกัมร้อยละ 0.02 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) มีค่าการเกาะตัวมากที่สุด จึงนำมาร์ชิแพนที่ได้มาศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนพบว่ามาร์ชิแพนที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสมีค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวของมาร์ชิแพนการลดลงน้อยกว่ามาร์ชิแพนที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบการเจริญของจุลินทรีย์และยีสต์และราในมาร์ชิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่อายุการเก็บ 4 สัปดาห์ แต่ไม่พบการเจริญของยีสต์และราในมาร์ชิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่อายุการเก็บ 4 สัปดาห์ และเมื่อคำนวณอายุการเก็บรักษาของมาร์ชิแพนโดยการตรวจสอบค่าเปอร์ออกไซด์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และคำนวณอายุการเก็บรักษาโดยใช้สมการของอาร์เรเนียส(Arrhenius Equation) พบว่า มาร์ชิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 18 และ 56 สัปดาห์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Replacement of almond seed by watermelon and sacha inchi seeds in marzipan production
Student	Miss Laksamon Yoosiri
Student ID.	56608011
Program	Food Science
Degree	Master of Science
Year	2018
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Naphatrapi Luangsakul

Abstract

Marzipan is a paste made from almonds and sugar or honey that used for icing or decorating cakes and pastries. Almond is one of allergic foods, substitution of almond with non-allergic seed is one of interesting aspects in product development. This research aimed to replacement of almond seed by watermelon and sacha inchi seeds in marzipan making. Proximate analysis of watermelon seed (WTS) and sacha inchi seed (SIS) showed that the percent of protein, lipid and carbohydrate of WTS was 27.59, 40.99 and 23.90, respectively and the percent of protein, lipid and carbohydrate of SIS was 24.42, 43.36 and 22.75, respectively, which were similar to the chemical composition of almond. Hence the WTS and SIS can be used to replace almonds in making marzipan. The drying condition of WTS and SIS was further studied. Tray dryer using condition of 40-80 °C for 0-270 min for both seeds were specified. It was seen that the optimum drying condition of WTS and SIS were 50°C for 210 min and 40 °C for 180 min, respectively. As for the effect of powder particle size (<560, 560-630 and 630-700 μm) of WTS and SIS was also studied. It could be indicated that the decreasing in powder particle size of WTS and SIS gave the highest value on hardness and cohesiveness of marzipan. WTS and SIS powders with particle size of <560 μm were selected to study sensory evaluation, from which the WTS powder (<560 μm) was selected to further using for developing marzipan because of its higher preference score in appearance, odor and overall-liking for WTS marzipan than those of SIS marzipan. Then, WTS marzipan was studied on Just about right (JAR) test. The test scores of marzipan showed that the appearance and nut odor scores were

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rated to 95% in JAR range. The hardness and cohesive scores was 100 and 70% in less than JAR range, respectively whereas the sweetness score was 95% in more than JAR range. After that, the development of recipe for WTS marzipan product was optimized by using Mixture design experiment. The optimized ingredient ratio of WTS marzipan was using 58.44% of watermelon seed powder, 26.83% of grounded sugar and 14.73% of meringue. The actual and the predicted responses of the optimized ingredients ratio was further test. It was found that water activity and cohesiveness of both marzipans were similar to each other, however, the moisture content, hardness, adhesiveness and sensory preference test of the actual responses were higher than those of the predicted responses of marzipan. Then, the improvement of increasing cohesiveness of marzipan by adding hydrocolliods (corn starch, guar gum, xanthan gum and arabic gum) in difference concentration was studied. It was found that the marzipan added xanthan gum 0.02% (w/w) gave the significantly highest cohesiveness value. Finally, the shelf life of the developed WTS marzipan was studied on textural and chemical properties and microbial growth during storage at 4 °C and room temperature. The result presented that the hardness and cohesiveness values of marzipan kept at 4 °C were not significantly changed. Yeast and mold was found on the marzipan kept at room temperature for 4 weeks whereas it was not found on marzipan kept at 4 °C for 4 weeks. The shelf life of developed WTS marzipan storage at room temperature and 4 °C were 18 and 56 weeks, respectively, which detected the peroxide value and calculated by using Arrhenius Equation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสรพี เหลืองสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ ช่วยเหลือ และแก้ไขสิ่งที่บกพร่อง และให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์มาโตยตลอด อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อศิษย์ นับตั้งแต่แนวคิดตลอดจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุพร พืชกมุทร และรองศาสตราจารย์ ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำปรึกษาชี้แนะจนวิทยานิพนธ์สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ บุคลลากร และนักศึกษา สาขาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเสียสละเวลาในการทดสอบผลิตภัณฑ์จนวิทยานิพนธ์สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณปราการ อยู่ศิริ (บิดา) คุณจันทิรา อยู่ศิริ (มารดา) คุณอรพันธ์ อยู่ศิริ (ป้า) และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนทุนทรัพย์ด้านอื่นๆและให้กำลังใจเสมอจนสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณ คุณลำพึง พุ่มจันทร์ สำหรับคำแนะนำและการเสียสละเวลาเพื่อสนับสนุนการทำงานวิจัย และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ และ บุคคลากรทุกคน ซึ่งคอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ลักษมณ อยู่ศิริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 มาร์ชิแพน	4
2.2 แตงโม	6
2.3 ถั่วดาวอินคา	7
2.4 ไข่ขาว	8
2.5 น้ำตาล	12
2.6 สารเพิ่มความหนืด	16
2.7 การทำแห้ง	23
2.8 อายุการเก็บรักษา	25
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	34
3.1 วัตถุดิบ	34
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	34
3.3 วิธีการทดลอง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 47

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนด์ เมล็ดแตงโม และเมล็ดถั่วดาวอินคา 47

4.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา.. 48

4.3 ผลการศึกษาขนาดของอนุภาคของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการทำเป็นผงเพื่อใช้ในการทำมาร์ซิแพน 60

4.4 การปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน 65

4.5 ผลอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม 74

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 84

บรรณานุกรม 86

ภาคผนวก 93

ก. การวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ 94

ข. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 112

ค. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนยถั่ว 114

ง. การเตรียมผงเมล็ดพืชน้ำมันและการทำมาร์ซิแพน 116

ประวัติผู้วิจัย 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของเมล็ดแตงโม..... 7

ตารางที่ 2.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของถั่วดาวอินคา..... 8

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของไข่..... 9

ตารางที่ 2.4 Foaming power ของโปรตีนที่มีคุณสมบัติเกิดโฟมในอาหาร..... 11

ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล..... 15

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของมาร์ซิแพน..... 39

ตารางที่ 3.2 การวางแผนการทดลองแบบ Central composition design (CCD)..... 42

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนด์ เมล็ดแตงโม และเมล็ดถั่วดาวอินคา..... 47

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคา แต่ละขนาดอนุภาค..... 62

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ซิแพน จากเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา..... 63

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินระดับความพอดี (3 points Just About Right : JAR) ของมาร์ซิแพน จากเมล็ดแตงโม (n=20)..... 64

ดารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการตอบสนองของปัจจัยต่างๆ..... 67

ตารางที่ 4.6 การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ซิแพน..... 68

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบค่าทำนายและค่าจริงของการวิเคราะห์แต่ละปัจจัย..... 69

ตารางที่ 4.8 ผลทางกายภาพของมาร์ซิแพนจากสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ..... 71

ดารางที่ 4.9 ผลทางทดสอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ซิแพนจาก สารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (n=20) 73

ตารางที่ 4.10 องค์ประกอบทางเคมีของมาร์ซิแพนทางการค้าและมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม... 74

ตารางที่ 4.11 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์..... 77

ตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์..... 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.13 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนจาก เมล็ดแตงโมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 สัปดาห์..... 78

ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชิแพน ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (n=20)..... 80

ตารางที่ 4.15 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชิแพน ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (n=20)..... 80

ตารางภาคผนวกที่ ก1.1 การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ในผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนจาก เมล็ดแตงโมในการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส..... 105

ตารางภาคผนวกที่ ก1.2 การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ในผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนจาก เมล็ดแตงโมในการเก็บที่อุณหภูมิห้อง..... 106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 Marzipan (Almond marzipan)..... 5
ภาพที่ 2.2 Perzipan (Peach marzipan)..... 5
ภาพที่ 2.3 Pistazienmerzipan (Pistachio marzipan)..... 5
ภาพที่ 2.4 แตงโมพันธุ์เมล็ด และ เมล็ดแตงโมกะเทาะเปลือก..... 6
ภาพที่ 2.5 ถั่วดาวอินคา และเมล็ดถั่วดาวอินคากะเทาะเปลือก..... 8
ภาพที่ 3.1 ใบมีดหั่นสไลด์..... 36
ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการร่อนแยกขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงร่อน..... 38
ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (ร้อยละ) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)..... 49
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระในอาหาร และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)..... 51
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)..... 53
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)..... 55
ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลือง (b*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)..... 56
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index, BI) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)..... 58
ภาพที่ 4.7 แผนภาพคอนทัวร์พล็อตของปริมาณผงเมล็ดแตงโม (A) น้ำตาลทรายบดละเอียด (B) และเมอร์แรงค์ไข่ขาว (C) ต่อปริมาณความชื้น (ก) ปริมาณน้ำอิสระ (ข) ค่าความแข็ง (ค) ค่าการเกาะพื้นผิว (ง) และค่าการเกาะตัว (จ) ของมาร์ชิแพน)..... 71
ภาพที่ 4.8 แผนภาพคอนทัวร์พล็อตแสดงผลของปริมาณผงเมล็ดแตงโม (A) น้ำตาลทรายบดละเอียด (B) และเมอร์แรงค์ไข่ขาว (C) ต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ (ก) กลิ่นรส (ข) ความแข็ง (ค) การเกาะตัว (ง) ความหวาน (จ) และความชอบโดยรวม (ฉ) ของมาร์ชิแพน..... 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เทียบกับอายุการเก็บรักษาที่ลำดับปฏิกิริยาอันดับหนึ่งที่มีการลากเส้นตรงต่อไปจนตัดค่า ln (C_A/C_{A0}) ที่แกน y = 7.328 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 56 สัปดาห์ 82

ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เทียบกับอายุการเก็บรักษาที่ลำดับปฏิกิริยาอันดับหนึ่งที่มีการลากเส้นตรงต่อไปจนตัดค่า ln (CA/CA0) ที่แกน y = 7.328 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 18 สัปดาห์ 83

ภาพภาคผนวกที่ ก1.1 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ 94

ภาพภาคผนวกที่ ก1.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น 95

ภาพภาคผนวกที่ ก1.3 เตาเผาไฟฟ้า 98

ภาพภาคผนวกที่ ก1.4 เครื่องย่อยโปรตีน (ก) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (ข) 100

ภาพภาคผนวกที่ ก1.5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน 101

ภาพภาคผนวกที่ ก1.6 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย 103

ภาพภาคผนวกที่ ก2.1 กราฟแสดงการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพน 107

ภาพภาคผนวกที่ ก2.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพน 108

ภาพภาคผนวกที่ ง1.1 ผงเมล็ดแตงโมที่ขนาดอนุภาคต่างๆ 117

ภาพภาคผนวกที่ ง1.2 ผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ขนาดอนุภาคต่างๆ 117

ภาพภาคผนวกที่ ง2.1 ภาพของมาร์ชิแพนทางการค้า (ก) มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโม (ข) มาร์ชิแพนจากถั่วดาวอินคา 118

ภาพภาคผนวกที่ ง2.2 มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเพิ่มคอร์นสตาร์ชแต่ละระดับความเข้มข้น 118

ภาพภาคผนวกที่ ง2.3 มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเพิ่มกัวร์กัมแต่ละระดับความเข้มข้น 118

ภาพภาคผนวกที่ ง2.4 มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเพิ่มแซนแทนกัมแต่ละระดับความเข้มข้น 119

ภาพภาคผนวกที่ ง2.5 มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเพิ่มอะราบิกกัมแต่ละระดับความเข้มข้น 119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

มาร์ซิแพน คือของหวานที่เกิดจากการผสมอัลมอนด์บด (almond ground) น้ำตาลป่น (powdered sugar) และไข่ขาว (egg white) หรือ น้ำผึ้ง (honey) เข้าด้วยกันจนเป็นก้อน ในปี ค.ศ. 1806 มีการผลิตมาร์ซิแพนเชิงพาณิชย์ครั้งแรก ณ เมืองลูเบค (Lübeck) ประเทศเยอรมัน (German food guide, 2015) มาร์ซิแพนนิยมใช้ปั้นเป็นรูปร่างต่างๆ หรือห่อหุ้มผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ขนมอบหรือขนมหวาน หนึ่งในเมล็ดพืชน้ำมันที่นิยมนำมามาร์ซิแพน คือ อัลมอนด์ ซึ่งมักถูกใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลาย เช่น เบเกอรี่ ช็อคโกแลต และผลิตภัณฑ์ขนมหวาน (Alasalvar และ Shahidi, 2009) แต่เนื่องจากสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญของอัลมอนด์จึงทำให้ในหลายประเทศมีการใช้พืชน้ำมันชนิดอื่นมาทดแทนอัลมอนด์ในการทำมาร์ซิแพนและผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับมาร์ซิแพน ยกตัวอย่างเช่น ประเทศกลุ่มยุโรปมีการใช้ ถั่วพิสทาชิโอ (pistachio) เมล็ดพีช (peach seed) แมคคาเดเมีย (macadamia) และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ (cashew seed) ในประเทศกลุ่มตะวันออกกลางมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวโอ๊ตบด (oatmeal) เฟรินา (ferina : hard wheat endospore) หรือ เซโมลินา (semolina : durum wheat endospore) เรียกว่า Lozina (German food guide, 2015) ในประเทศกลุ่มเอเชีย เช่น ประเทศฟิลิปปินส์มีการใช้ถั่วพิลลิ (pilli nut) ในการทำมาร์ซิแพน (Newman, 2013) แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้พืชน้ำมันที่มีในพื้นถิ่นในการทำมาร์ซิแพน

ปัจจุบันทั่วโลกพบผู้บริโภคที่เป็นภูมิแพ้อาหาร (food allergy) เพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะอาการแพ้อาหารในกลุ่ม Tree nut allergy นอกจากอัลมอนด์แล้วยังรวมถึง บราซิลนัท (brazil nut) เฮเซลนัท (hazelnut) วอลนัท (walnut) และพีแคน (pecan) เป็นต้น แม้ว่าจากการศึกษาพบว่าถั่วในกลุ่มนี้ไม่ทำให้เกิดอาการแพ้อย่างรุนแรงเมื่อเทียบเท่ากับถั่วลิสง แต่ก็ยังพบอาการแพ้รุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตในผู้แพ้บางรายโดยมากพบในกลุ่มของเด็ก (รชานนท์, 2555) ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเมล็ดอัลมอนด์จึงน่าที่จะศึกษาการทดแทนด้วยเมล็ดพืชน้ำมันชนิดอื่นซึ่ง ในประเทศไทยมีเมล็ดพืชน้ำมันที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับอัลมอนด์หลายชนิด เช่น เมล็ดกระบก (wild almond) เม็ดมะม่วงหิมพานต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(cashew seed) เมล็ดแตงโม (watermelon seed) และถั่วดาวอินคา (sacha inchi seed) เป็นต้น โดยมาร์ซิแพนเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีอัลมอนด์เป็นส่วนประกอบหลักซึ่งประเทศไทยมีการนำเข้าเพื่อใช้ในการตกแต่งและเป็นส่วนประกอบของขนมในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ (กรมศุลกากร, 2558) ดังนั้นแนวคิดในการนำเมล็ดพืชน้ำมันชนิดอื่นซึ่งมีในประเทศไทยมาทดแทนเมล็ดอัลมอนด์ในการทำมาร์ซิแพนจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เมล็ดแตงโมและถั่วดาวอินคาไม่จัดอยู่ในกลุ่มของ Tree nut เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเมล็ดแตงโมและถั่วดาวอินคาพบว่ามีปริมาณไขมัน โปรตีน และสีของเมล็ดพืชทั้งสองชนิดมีความใกล้เคียงกับเมล็ดอัลมอนด์ นอกจากนี้เมล็ดแตงโมยังเป็นแหล่งของแร่ธาตุสำคัญหลายชนิด เช่น โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม (El-Adaway และ Taha, 2001) และเมล็ดถั่วดาวอินคาเป็นแหล่งของ โอเมก้า-3 และกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น ลิโนเลอิก และลิโนเลนิก (Guillén และคณะ, 2003) และยังมีราคาที่ต่ำกว่าเมล็ดอัลมอนด์ (กรมการค้าภายใน, 2561) จึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาเพื่อนำเมล็ดแตงโมและถั่วดาวอินคามาใช้ทดแทนเมล็ดอัลมอนด์เพื่อให้สามารถผลิตมาร์ซิแพนได้จากเมล็ดพืชน้ำมันที่มีในประเทศและเพื่อให้ผู้ที่แพ้อัลมอนด์ได้มีทางเลือกในการใช้มาร์ซิแพน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.) ศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

2.) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและผลของขนาดอนุภาคของผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพน

3.) ปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนที่ทดแทนด้วยผงเมล็ดแตงโมหรือผงเมล็ดถั่วดาวอินคาและพัฒนาเนื้อสัมผัสให้มีคุณภาพเทียบเท่ามาร์ซิแพนเชิงพาณิชย์โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์

4.) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ขอบเขตงานวิจัยนี้จะครอบคลุมเนื้อหาของการศึกษาองประกอบทางเคมีของเมล็ดพืชน้ำมัน (เมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา) เพื่อนำมาทดแทนอัลมอนด์ในผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเมล็ดพืชน้ำมันและขนาดของอนุภาคที่เหมาะสมในการทำเป็นผง เพื่อใช้ในการทำมาร์ซิแพน จากนั้นเลือกเมล็ดพืชน้ำมัน 1 ชนิด เพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพของมาร์ซิแพนโดยการใช้ออกแบบการทดลองแบบผสม (mixture design) และปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ กำหนดชนิดและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม และศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาร์ซิแพน (Marzipan) (German food guide, 2015)

มาร์ซิแพนเป็นขนมที่ทำจากน้ำตาลและอัลมอนด์บดละเอียด หรืออัลมอนด์ลวก ใช้เป็นส่วนประกอบของลูกกวาด (candy) เช่น มาร์ซิแพนชุบช็อคโกแลต สำหรับห่อหุ้มเค้ก (cakes) คุกกี้ (cookies) และขนมอบ (pastries) โดยมาร์ซิแพนจะถูกรีบเป็นแผ่นบาง เพื่อนำไปห่อหุ้มหรือตกแต่งผลิตภัณฑ์ โดยมากมาร์ซิแพนจะถูกใช้ในการตกแต่งเค้กแต่งงาน (wedding cakes) เค้กวันเกิด (birthday cakes) หรือเค้กแฟนซี (fancy cakes) เป็นต้น มาร์ซิแพนนั้นจำแนกชนิดได้จากอัตราส่วนของอัลมอนด์และน้ำตาล รวมถึงส่วนผสมอื่นๆ สามารถจำแนกได้ดังนี้

2.1.1 มาร์ซิแพนจากเมล็ดอัลมอนด์ (Almond marzipan)

2.1.1.1 Raw marzipan (มาร์ซิแพนสูตรพื้นฐาน) เป็นมาร์ซิแพนที่เป็นสูตรพื้นฐานที่สุด มาร์ซิแพนชนิดนี้สามารถขึ้นรูปได้ง่ายที่สุด โดยมีส่วนผสมคืออัลมอนด์บดละเอียด หรืออัลมอนด์ลวก ร้อยละ 65 และมีน้ำตาลร้อยละ 35

2.1.1.2 Marzipanrohmesse เป็นมาร์ซิแพนที่ทำมาจากอัลมอนด์บดละเอียด หรืออัลมอนด์ลวกเพียงอย่างเดียว

2.1.1.3 Lübecker Edelmarzipan เป็นมาร์ซิแพนที่ทำขึ้นในเมืองลูเบค (Lübeck) ทำจาก Raw marzipan ร้อยละ 90 และน้ำตาลร้อยละ 10 หรือทำจาก Marzipanrohmesse ร้อยละ 55 และน้ำตาลร้อยละ 45

2.1.1.4 Edelmarzipan เป็นมาร์ซิแพนที่ทำจาก Marzipanrohmesse ร้อยละ 70 และน้ำตาลร้อยละ 30

2.1.1.5 Konsummarzipan เป็นมาร์ซิแพนที่ทำจาก Marzipanrohmesse ร้อยละ 50 และน้ำตาลร้อยละ 50

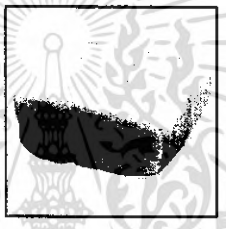
2.1.1.6 Königsberger Marzipan เป็นมาร์ซิแพนที่ทำมีการดัดแปลงโดยประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยมีส่วนผสมของอัลมอนด์บดละเอียด น้ำตาลทรายป่น ไข่ขาว และน้ำมะนาวเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.1 Marzipan (Almond marzipan)

ที่มา : German food guide (2015)

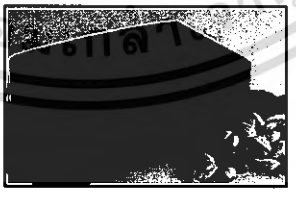
2.1.2 Perzipan (Peach Marzipan) เป็นมาร์ซิแพนที่ทำจากเมล็ดลูกพีช (peach seed) หรือแอพริคอต (apricot) บดละเอียด ร้อยละ 40 และน้ำตาลร้อยละ 60



ภาพที่ 2.2 Perzipan (Peach marzipan)

ที่มา : German food guide (2015)

2.1.3 Pistazienmarzipan (Pistachio Marzipan) เป็นมาร์ซิแพนที่ทำจากถั่วพีสทาชิโอ (pistachio) ร้อยละ 48 และน้ำตาล



ภาพที่ 2.3 Pistazienmerzipan (Pistachio marzipan)

ที่มา : German food guide (2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เมล็ดแตงโม (ศศิวิมล และคณะ, 2546)

แตงโม (Watermelon) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrullus vulgaris* เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลแตง (Cucarbitaceae) ในประเทศไทยมีการปลูกแตงโมทั่วทุกภูมิภาค และสามารถปลูกแตงโมได้ทุกฤดู (นิดดา และ ทวีทอง, 2550) เมล็ดแตงโม (Watermelon seed) เป็นแหล่งของแร่ธาตุหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เป็นต้น (El-Adaway และ Taha, 2001) ในประเทศไทยนั้นมีพื้นที่ปลูกแตงโมทั้งหมด 26,086 ไร่ แยกเป็น แตงโมเนื้อ 25,888 ไร่ แตงโมเพื่อบริโภคเมล็ด 194 ไร่ และแตงโมอ่อน 4 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) เมล็ดแตงโมจัดเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (by-product) เนื่องจากมีองค์ประกอบของไขมันในเมล็ดมากถึงร้อยละ 46.83 (ตารางที่ 2.1) ในบางพื้นที่ของโลก เช่น ไนจีเรีย และประเทศกลุ่มตะวันออกกลาง เมล็ดแตงโมจึงถูกนำไปสกัดเป็นน้ำมันเพื่อใช้ในการประกอบอาหาร นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์เพื่อเป็นสารเติมแต่ง (additive) ใช้เป็นเครื่องปรุง เพิ่มรสชาติ เพิ่มความข้นหนืดให้ซุปเพิ่มกลิ่นรส และเป็นของว่าง (snack) ในพื้นที่ส่วนมากของโลก (Stafford และ Oke, 1977; Onuora และ King, 1983; El-Adaway และ Taha, 2001; Jyothi และ Kaul, 2011) ในประเทศกลุ่มอาเซียนนอกจากมีการบริโภคเมล็ดแตงโมเป็นของว่างแล้วยังนำเมล็ดแตงโมมาเป็นส่วนประกอบในขนม เช่น จ่ามงกุฎ ดาราทอง ขนมเปี๊ยะ(ไส้) ขนมไหว้พระจันทร์(ไส้โหงวยิ้ง) เนื่องจากเมล็ดแตงโมมีความหอม มัน และกรุบกรอบ ช่วยเพิ่มรสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสให้แก่ขนม

ภาพที่ 2.4 แตงโมพันธุ์เมล็ด และ เมล็ดแตงโมกะเทาะเปลือก

ที่มา : Farmer (2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของเมล็ดแตงโม

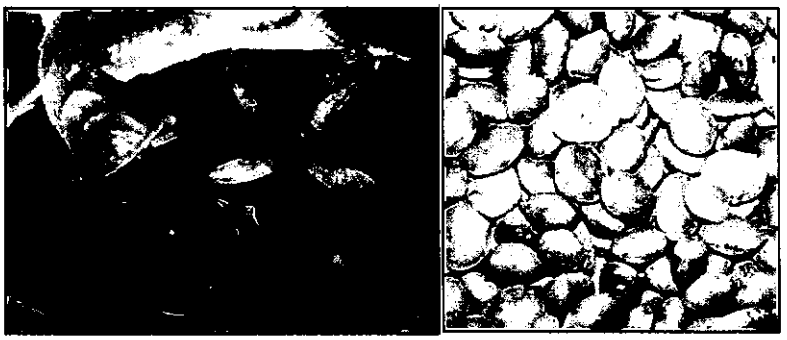
องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
ปริมาณความชื้น	04.86 ± 0.06
ไขมัน	46.83 ± 0.44
โปรตีน	27.59 ± 0.33
เส้นใย	04.83 ± 0.63
เถ้า	02.87± 0.05

ที่มา : Jyothi และ Kaul (2011)

2.3 เมล็ดถั่วดาวอินคา (ฉวีวรรณ และคณะ, 2558)

ถั่วดาวอินคา (Sacha inchi) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Plukenetia volubilis L.* เป็นพืชในตระกูล Euphorbiaceae ฝักมีขนาดเล็ก และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-5 เซนติเมตร สีเขียวสดใสเมื่อยังอ่อนและมีสีน้ำตาลเข้มเมื่อฝักแก่เต็มที่ เมล็ดกว้าง 15-20 มิลลิเมตร หนา 7-8 มิลลิเมตร เมล็ดถั่วดาวอินคา (Sacha inchi seed) มีปริมาณน้ำมันร้อยละ 35-60 และมีระดับของกรดไลโนเลนิและกรดไลโนเลอิกที่ค่อนข้างสูง และมีศักยภาพที่ดีสำหรับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา โดยมีปริมาณกรดไลโนเลนิก (linolenic acid, w-3) ร้อยละ 45 และกรดไลโนเลอิก (linoleic acids, w-6) ร้อยละ 35 ของกรดไขมันทั้งหมด (total fatty acid) ในขณะที่กรดไขมันอื่น ๆ เช่น โอเลอิก (oleic), ปาล์มิติก (plamitic) และ สเตียริก (stearic) มีอยู่ในสัดส่วนที่น้อย มีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 24-27 ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับเมล็ดพืชน้ำมันอื่น ๆ เช่น ถั่วเหลือง (soy bean) เมล็ดฝ้าย (cotton seed) และเมล็ดดอกทานตะวัน (sunflower seed) นอกจากนี้ยังมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงถึง ร้อยละ 30.9 (ตารางที่ 2.2) และยังอุดมไปด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด เช่น ฟีนิลอะลานีน+ไทโรซีน (phenylalanine + tyrosine) (79 มิลลิกรัมต่อกรัม) ลิวซีน (leucine) (64 มิลลิกรัมต่อกรัม) ไทโรซีน (tyrosine) (55 มิลลิกรัมต่อกรัม) ไอโซลิวซีน (isoleucine) (50 มิลลิกรัมต่อกรัม) ไลซีน (lysine) (43 มิลลิกรัมต่อกรัม) ทรีโอนีน (threonine) (43 มิลลิกรัมต่อกรัม) และวาลีน (valine) (40 มิลลิกรัมต่อกรัม) ซึ่งมีอยู่มากเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ (Hamaker และคณะ, 1992; Gutiérrez และคณะ, 2011) ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกในประเทศไทยในหลายพื้นที่ เช่น เชียงราย ตาก อุดรธานี และบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง (สมุทรสงคราม ราชบุรี และกาญจนบุรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 ถั่วดาวอินคา และเมล็ดถั่วดาวอินคากะเทาะเปลือก

ที่มา : ฉวีวรรณ และคณะ (2558)

ตารางที่ 2.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของถั่วดาวอินคา

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
ปริมาณความชื้น	03.3 ± 0.3
ไขมัน	42.0 ± 1.1
โปรตีน	24.7 ± 0.5
เถ้า	04.0 ± 0.7
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตรวม	30.9 ± 0.6

ที่มา : Gutiérrez และคณะ (2011)

2.4 ไข่ขาว

ไข่ขาวประกอบด้วยส่วนต่างๆ 4 ส่วน ที่มีความหนืดต่างกัน คือไข่ขาวใสชั้นนอก (outer liquid layer) เป็นชั้นที่อยู่นอกสุดของไข่ขาว ติดกับเยื่อหุ้มเปลือกไข่ ไข่ขาวข้น (middle dense layer) เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากไข่ขาวใสชั้นนอก เป็นส่วนที่ห่อหุ้มไข่ขาวใสชั้นในและไข่แดงไว้ป้องกันอันตรายจากการกระทบกระเทือนจากภายนอกให้กับไข่แดง ไข่ขาวใสชั้นใน (inner liquid layer) เป็นชั้นที่อยู่ติดกับไข่แดง เป็นที่ๆเยื่อขั้วไข่แดงยึดไข่แดงให้ลอยตัวอยู่ตรงกลางฟองไข่ เยื่อขั้นไข่แตง (chalaziferrous) เป็นส่วนของไข่ขาว ที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มไข่แดงและเป็นสายทุ่นรักษาสมดุลให้ไข่แดงอยู่กลางฟองไข่ (นุชรี, 2529) ที่เรียกไข่ขาวเพราะเมื่อส่วนนี้ดกตะกอนจะเป็นสีขาว (albus-white) (สุวรรณ, 2529) ในไข่ขาวส่วนใหญ่จะประกอบด้วยน้ำและโปรตีน มีคาร์โบไฮเดรตและแร่ธาตุในปริมาณน้อย มีไขมันในปริมาณน้อยมาก ดังแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของไข่

	ปริมาณ (ร้อยละ)		
	ไข่ทั้งฟอง	ไข่ขาว	ไข่แดง
ปริมาณที่มีในไข่	100.0	58.0	31.0
ความชื้น	65.5	88.0	48.0
โปรตีน	11.8	11.0	17.5
ไขมัน	11.0	0.2	32.5
เถ้า	11.7	0.8	2.0

ที่มา : นุชรี (2529)

2.4.1 โปรตีนในไข่ขาว

โปรตีนในไข่ขาวส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ และแตกต่างกับโปรตีนในไข่แดงเนื่องจากโปรตีนในไข่แดงเป็นไลโปโปรตีน (lipoprotein) แต่ในไข่ขาวเป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ที่จับกับแมนโนส (mannose) หรือกาแลคโตส (galactose) โปรตีนในไข่ขาวประกอบด้วยโอวัลบูมิน (ovalbumin) ร้อยละ 75 โอโวมิวคอยด์ (ovomucoid) ร้อยละ 13 โอโวมิวซิน (ovomucin) ร้อยละ 7 โอโวโคนาบูมิน (ovoconanbumin) ร้อยละ 3 และโอโวกลอบูลิน (ovoglobulin) ร้อยละ 2 ของไข่ขาวทั้งหมด (นุชรี, 2529) โปรตีนแต่ละตัวมีคุณสมบัติและปริมาณกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ดังนี้คือ

2.4.1.1 โอวัลบูมิน (ovalbumin) เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในไข่ขาว ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและฟอตเฟตมีคุณสมบัติในการเกิดเจลและเกิดฟองจะถูกเปลี่ยนคุณสมบัติเมื่อได้รับความร้อน

2.4.1.2 โอโวมิวคอยด์ (ovomuciod) เป็นไกลโคโปรตีนที่ประกอบด้วยกลูโคซามีน (glucosamine) ร้อยละ 14 และแมนโนส (mammose) ร้อยละ 7 ถูกเปลี่ยนคุณสมบัติเมื่อได้รับความร้อน แต่ทนความร้อนไม่มากกว่าโอวัลบูมินและโอโวโคนาลบูมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.3 โอโวมิวซิน (ovomucin) เป็นโปรตีนที่ทำให้เกิดลักษณะเป็นวุ้นของไข่ขาวข้น โดยเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย (นุชรี, 2529) ไข่ขาวใสและไข่ขาวข้นแตกต่างกันที่ปริมาณโอโวมิวซิน ในไข่ขาวข้นมีโอโวมิวซินมากกว่าในไข่ขาวใสประมาณ 4 เท่า ในไข่ขาวข้นและไข่ขาวใสมีโอโวมิวซินร้อยละ 5.11 และ 1.91 ตามลำดับ โอโวมิวซินมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายเกลือที่ pH 7

2.4.1.4 โอโวโคนาลบูมิน (ovoconanbumin) บางครั้งเรียกว่า "โอโวทรานสเฟอร์ริน" (ovotransferrin) มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนคุณสมบัติได้ง่ายกว่าโอวัลบูมินตกตะกอนที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไข่ขาวดกตะกอน

2.4.1.5 โอโวกลอบูลิน (ovoglobulin) มีคุณสมบัติในการเกิดฟอง ถูกเปลี่ยนคุณสมบัติได้โดย 6 M qaunidine bydrochloride ในไข่ขาวมีคาร์โบไฮเดรตมากกว่าในไข่แดง ไข่ 1 ฟอง จะมีคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณ 0.5 กรัม ซึ่งร้อยละ 75 ของปริมาณที่อยู่ในไข่ขาว (นุชรี, 2529; สุวรรณ, 2529) มีทั้งชนิดที่อยู่ในรูปอิสระ คือเป็นกลูโคสและรวมตัวอยู่กับโปรตีนชนิดต่างๆ เช่น ดี-แมนโนส (D-mannose) รวมอยู่กับโอวัลบูมินและโอโวกลอบูลินหรือกลูโคส แมนโนสและกาแลคโทส รวมอยู่กับโอโวมิลคอยด์ เม็ดสีในไข่ขาวมีเพียงโอโวฟลาวิน (Ovoflavin) อย่างเดียว ประมาณ 0.07 มิลลิกรัม มีสมบัติละลายน้ำได้ สำหรับแร่ธาตุต่างๆ มีความคล้ายกับแร่ธาตุในไข่แดง ซึ่งนอกจากนี้ยังพบแร่ธาตุอื่น เช่น อลูมิเนียม ทองแดง ฟลูออรีน ตะกั่ว แมงกานีส สังกะสี และไอโอดีน (ระภีพร, 2556)

2.4.2 การเกิดโฟม (Foaming) (นิธิยา, 2549)

การเกิดโฟมเป็นสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน (functional properties of protein) เช่น ไข่ขาว (egg white) โปรตีนที่จะเกิดโฟมได้ดีและคงตัวต้องมีความยืดหยุ่นสูง สามารถเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบาง และมีแข็งแรงพอที่จะสามารถกักเก็บอากาศได้ โดยโปรตีนที่มีความยืดหยุ่นที่สามารถเกิดโฟมได้ดีจำเป็นต้องมีค่า surface hydrophobicity ที่สูง ซึ่งในระหว่างการตีหรือการทำให้เกิดโฟม เช่น โปรตีนในไข่ขาว น้ำนม เป็นสารที่ทำให้เกิดโฟม (foaming agent) แรงจากการตีหรือปั่นอย่างรุนแรง ทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของโปรตีนเกิดการเสียสภาพทางธรรมชาติ (protein denaturation) และเกิดการคลายตัว (unfolding) ของโครงสร้างโปรตีน เกิดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มและจับกับน้ำซึ่งอยู่รอบๆ โดยหันด้านที่เป็น hydrophobic เข้าด้านในของโครงสร้างโฟมและหันด้านที่เป็น hydrophilic ออกมาด้านนอก ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดโครงสร้างของโฟม โดยเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ที่สามารถกักเก็บอากาศไว้ได้ เช่น เมื่อตีเมอแรงค์ (meringue) แรงกลจากการตีทำให้พันธะไฮโดรเจนในโปรตีนของไข่ขาวจะแตกตัว ทำให้โครงสร้างโปรตีนแผ่ขยายออก ส่งผลต่อความหนาแน่นของเมอแรงค์ กระบวนการตีไข่ขาวแบ่งออกได้เป็นสามขั้น ตามการขึ้นรูปและคงตัว ได้แก่ ตั้งยอดอ่อน ปานกลาง และตั้งยอดแข็ง สมบัติการเกิดโฟมของโปรตีนจะพิจารณาจาก foamability หรือ foam capacity ของโปรตีน ซึ่งจะรายงานในรูป foam power (FP)

$$\text{Foaming Power (FP)} = \frac{\text{ปริมาตรของก๊าซทั้งหมดในโฟม}}{\text{ปริมาตรของของเหลว}} \times 100$$

FP ของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้นจนได้ค่าสูงสุด และ FP ยังขึ้นอยู่กับวิธีที่ใช้ทำให้เกิดโฟมด้วย FP ของโปรตีนที่มีคุณสมบัติเกิดโฟมในอาหารที่สารละลายความเข้มข้นร้อย 0.5 pH 8 แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 Foaming power ของโปรตีนที่มีคุณสมบัติเกิดโฟมในอาหาร

ชื่อโปรตีน	Foaming Power ของสารละลายโปรตีนความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร)
ซีรัมแอลบูมิน (วัว)	280
เวย์โปรตีน (Whey protein isolate)	600
แอลบูเมนไข่ (Egg albumen)	240
โอวัลบูมิน (Egg white)	40
พลาสมา (วัว)	260
บีตา-แล็กโทโกลบูลิน	480
ไฟบริโนเจน	360
โปรตีนถั่วเหลือง (Enzyme hydrolyzed)	500
เจลาติน (Acid processed pig skin)	760

ที่มา : นิธิยา (2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 น้ำตาล (sugar) (อบเชย และ ขนิษฐา, 2544)

น้ำตาลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก ละลายได้ดีในน้ำและมีรสหวาน จัดอยู่ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลที่มีขายอยู่ในท้องตลาดนั้นเป็นน้ำตาลทรายขาวที่ผลิตจากอ้อย น้ำตาลนี้เป็นซูโครสบริสุทธิ์ร้อยละ 99 มีอยู่หลายชนิด

2.5.1 น้ำตาลที่นิยมใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

2.5.1.1 น้ำตาลทรายขาว (Granulated sugar) ใช้มากในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ น้ำตาลทรายมีขนาดความละเอียดต่างๆ กัน มีตั้งแต่เป็นผงละเอียดมาก ธรรมดา และหยาบ สำหรับในประเทศไทยที่วางขายทั่วไปมี 3 ขนาด คือ ขนาดธรรมดา ขนาดผลึกใหญ่หยาบ และเป็นผงละเอียด น้ำตาลทรายที่ใช้ได้ผลดีควรมีความละเอียดและขาว เพราะจะผสมเข้ากับส่วนผสมอื่นๆ ได้ดี

2.5.1.2 น้ำตาลไอซิ่ง (Icing or Confectionary sugar) น้ำตาลชนิดนี้เป็นผงละเอียดที่มีแป้งข้าวโพดปนอยู่ด้วยประมาณร้อยละ 3 ทั้งนี้เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อน หรือป้องกันการเป็นผลึกของน้ำตาล ส่วนมากใช้ในการทำไอซิ่งและผสมกับแป้งทำแป้งเค้กสำเร็จรูป ความละเอียดของน้ำตาลชนิดนี้ช่วยให้ผสมง่ายขึ้นและมักใช้กับแองเจิลเค้ก

2.5.1.3 น้ำตาลทรายแดง (Yellow or Brown sugar) น้ำตาลชนิดนี้จะมีพวกคาราเมล แร่ธาตุและความชื้นปนอยู่ด้วย และยังเป็นน้ำตาลที่ไม่บริสุทธิ์หรือเรียกว่า น้ำตาลดิบ น้ำตาลชนิดนี้ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกลิ่นรส และสีของน้ำตาลทรายแดง ส่วนใหญ่ใช้ในการทำคุกกี้และเค้กบางชนิด เช่น ฟรุตเค้ก ไม่ใช้ในการทำเค้กที่มีความเบาตัว ถ้าจำเป็นต้องใช้ต้องเพิ่มความระมัดระวังให้มากในการที่จะผสม

2.5.1.4 น้ำตาลจากนม หรือแลคโตส (Milk Sugar or Lactose) เป็นน้ำตาลที่มีอยู่ในนมสดหรือในหางนม น้ำตาลชนิดนี้จะเป็นส่วนช่วยเพิ่มความหวานและกลิ่นรสให้ผลิตภัณฑ์

2.5.1.5 น้ำตาลจากมอลต์ หรือ มอลโตส (Maltose) มีอยู่ในมอลต์ไซรัปช่วยเพิ่มความหวานให้แก้ผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่ใช้ในการทำขนมปังแข็งและโรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากน้ำตาลทั้ง 5 ชนิดนี้ยังมีการใช้น้ำตาลอื่นๆ ในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ เช่น น้ำตาลข้าวโพด หรือเดกโทรส (corn sugar หรือ dextrose) เป็นน้ำตาลที่ทำจากแป้งข้าวโพดน้ำตาลเดกโทรสนี้มีความหวานประมาณร้อยละ 75 ของน้ำตาลซูโครส ส่วนมากใช้ในการทำขนมปังหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ เพราะยีสต์สามารถนำน้ำตาลไปใช้ได้โดยตรง ทำให้การหมักเกิดเร็วขึ้น

2.5.2 คุณสมบัติของน้ำตาล

2.5.2.1 สารให้ความหวาน น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานที่มีโภชนาการ (Nutritive sweetener) รสชาติของน้ำตาลเป็นรสหวานธรรมชาติที่ปราศจากรสอื่นเจือปน การที่เรารู้รสหวานนั้นเกิดจากต่อมลิ้มรสบริเวณปลายลิ้นด้านบน รสหวานที่รู้สึกเป็นความหวานที่เปรียบเทียบกับความหวานของน้ำตาลทราย เช่น ฟรักโตสมีความหวาน 1.3 เท่าของน้ำตาลทราย เป็นต้น โดยฟรักโตสเป็นน้ำตาลที่หวานน้อยที่สุด และมีความหวานกว่าซูโครส น้ำตาลที่หวานรองจากซูโครส คือ กลูโคส มอลโตส และแลคโตส ตามลำดับ วัตถุประสงค์หลักของการใส่น้ำตาลในอาหารคือ การให้ความหวาน

2.5.2.2 การละลายน้ำ ในอุตสาหกรรมอาหารมักจะละลายน้ำได้ดีตามปกติจะละลายได้ร้อยละ 30-80 ปริมาณที่ละลายได้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่งการละลายได้จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำของน้ำตาลแต่ละชนิด จะแตกต่างกันฟรักโตสเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ซูโครส ส่วนกลูโคสและมอลโตสละลายน้ำได้พอๆกัน น้ำตาลที่ละลายน้ำได้น้อย คือ แลคโตส

2.5.2.3 การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร ในการเตรียมอาหารแปรรูปและเก็บรักษาอาหารบางชนิดจะพบว่ามีสารสีน้ำตาลเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (nonenzymatic browning reaction) ตามปกติจะพบว่าอาหารเหล่านี้มีสีน้ำตาลซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการทำปฏิกิริยาเคมีนี้เป็นส่วนประกอบ สารเคมีที่เกิดขึ้นตั้งแต่สีเหลืองจนถึงสีดำ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นสีน้ำตาลกลิ่นรสของอาหารจะเปลี่ยนไป กลไกการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ คาราเมไลเซชัน (caramelization) และ ปฏิกิริยามิลลาร์ด (Maillard reaction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.4 การดูดและการเก็บรักษาความชื้นโดยน้ำตาล สมบัติด้านการดูดและเก็บรักษาความชื้นมีความสำคัญต่อเนื้อสัมผัส ความคงทนในการรักษาลักษณะของอาหารบางชนิด การดูดความชื้นของน้ำตาลแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ด้านความสามารถในการดูดความชื้นในบรรยากาศ ฟรักโทสเป็นน้ำตาลที่ดูดความชื้นได้ดีมาก รองลงไปเป็นแลคโตส ซูโครส มอลโตส และกาแลคโทส คุณสมบัติด้านนี้ของน้ำตาลมีส่วนช่วยให้อาหารที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบนุ่มชื้น การเก็บรักษาความชื้น ความสามารถในการเก็บรักษาความชื้นของน้ำตาล เกี่ยวข้องกับความสามารถในการดูดความชื้น โดยทั่วไปการเก็บรักษาความชื้นของน้ำตาลนั้นสามารถยึดความชื้นไว้โดยไม่คายออกสู่บรรยากาศ

2.5.2.5 การละลาย และคุณสมบัติของสารละลายน้ำตาล น้ำตาลจะละลายได้ดี ตามปกติจะละลายได้ประมาณร้อยละ 30-80 ปริมาณที่ละลายขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การละลายได้สูงขึ้นกับอุณหภูมิ น้ำตาลทรายเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีมาก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส น้ำ 1 กรัม ละลายซูโครสได้ 2 กรัมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของสารละลายน้ำตาล คือ ความหนืด (Viscosity) (กวี, 2548)

2.5.3 หน้าที่ของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (จริยา, 2552)

2.5.3.1 ให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์

2.5.3.2 ทำให้ผิวนอกของผลิตภัณฑ์มีสีสวย

2.5.3.3 เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

2.5.3.4 เพิ่มกลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์

2.5.3.5 เป็นอาหารของยีสต์ ทำให้เกิดการหมักเร็วขึ้น

2.5.3.6 ใช้เตรียมครีมชนิดต่างๆสำหรับแต่งหน้าเค้ก

2.5.3.7 ช่วยในการตีครีม และไข่ให้มีความคงตัวและขึ้นฟู

2.5.3.8 ช่วยเก็บความชื้น ทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์นุ่มอยู่ได้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล (อบเชย และขนิษฐา, 2544)

น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน เนื่องจากน้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.5 จึงสามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลทรายโดยคิดว่าน้ำตาลทราย 1 กรัมให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี นอกเหนือจากพลังงานแล้วน้ำตาลทรายไม่ให้สารอาหารอื่นเลย อย่างไรก็ตามน้ำตาลแต่ละชนิดมีส่วนประกอบของแร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก เป็นต้น (ตารางที่ 2.5) โดยน้ำตาลสีรำจะให้แคลเซียมและฟอสฟอรัส น้ำตาลมะพร้าวนอกจากจะให้แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก แล้วยังให้วิตามินเอ และไนอะซิน อีกด้วย

ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล

คุณค่าทางโภชนาการ	น้ำตาลทรายขาว	น้ำตาลสีรำ	น้ำตาลมะพร้าว
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	385	370	383
โปรตีน (กรัม)	0	0	0.4
ไขมัน (กรัม)	0	0	0.1
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	99.5	99.5	95
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	-	76	80
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	-	37	40
เหล็ก (มิลลิกรัม)	-	2.6	11.4
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	0	0	1
วิตามินเอ (IU)	0	0	280

ที่มา : อบเชย และขนิษฐา (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สารเพิ่มความหนืด (Thickening agent)

สารเพิ่มความหนืดจัดเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additives) ที่เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) โดยขนาดโมเลกุลของไฮโดรคอลลอยด์เป็นโพลีเมอร์ (polymer) ที่เกิดจากโมเลกุลเชิงเดี่ยวที่ต่อกันเป็นโมเลกุลใหญ่ที่มีลักษณะเป็นสายยาว มีขนาดที่ใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับโมเลกุลของน้ำ สารในกลุ่มนี้ไม่ละลายในน้ำแต่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำโดยจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดี การจับตัวกับน้ำได้ดีจึงทำให้สารในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการเพิ่มความหนืด (viscosity) ของอาหาร

ไฮโดรคอลลอยด์ มักจะเป็นสารในกลุ่มของ คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) หรือ โปรตีน (protein) โดยสารเพิ่มความหนืดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มีดังนี้

2.6.1 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) (วรรณา, 2551)

2.6.1.1 โพลีแซ็คคาไรด์ (Polysaccharide)

1.) กัวร์กัม (Guar gum)

กัวร์กัมสามารถสกัดได้จาก endosperm ของเมล็ดต้น guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดียและปากีสถาน ปัจจุบันมีปลูกในรัฐเทกซัส สหรัฐอเมริกา โครงสร้างของกัวร์กัมเป็นโพลิเมอร์สายยาวของแมนโนส (mannose) ที่ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 และมีกิ่งแขนงของกาแลคโทส โดยทุก ๆ 2 โมเลกุลของแมนโนส ต่อกับ 1 โมเลกุลของกาแลคโทส (galectose) ด้วยพันธะ 1,6 ทำให้อัตราส่วนของแมนโนสต่อกาแลคโทสเป็น 2:1 มีสมบัติไม่เกิดเจล (non-gelling) แต่จะกระจายตัวและอุ้มน้ำได้ดีในน้ำเย็น จึงใช้ทำหน้าที่หลักเป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัวและอุ้มน้ำ และยังสามารถเกิด interact กับแซนแทนกัม (xanthan gum) ทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น กัวร์กัมมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงสุดที่ pH 7.5 - 9.0 (นิธิยา, 2549)

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำกัวร์กัมไปใช้ ได้แก่ อาหารกระป๋อง อาหารแช่แข็ง ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ไอศกรีม ลูกกวาด ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เครื่องดื่ม ซอส ซุป น้ำสลัด ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม ไส้ขนม มายองเนส เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) เพคติน (Pectin)

เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประเภท heteropolysaccharide ใช้ในอาหารเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) มีหน่วยย่อย คือกรด กาแลกทูโรนิก (D-galacturonic acid) ประมาณ 65% โดยน้ำหนัก) และเมทิลการแลคทูโรเนด และน้ำตาลหลายชนิด เช่น แรมโนส (hamnose) กาแลคโทส (galactose) อะราบิโนส (arabinose) พบตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืช (plant cell wall) เพคตินที่ผลิตเป็นการค้า สกัดได้จากเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม (citrus) กากของแอปเปิลที่คั้นน้ำแล้ว (apple pomace) และหัวบีท (beet) เพคตินที่พบในพืช ประกอบด้วยสาร 4 ชนิด คือ โพรโทเพคติน (protopectin) กรดเพคตินิก (pectinic acid) เพคติน (pectin) และกรดเพคดิก (pectic acid)

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำเพคตินไปใช้ ได้แก่ แยม ไส้ขนม (ผลไม้) ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม เป็นต้น

3.) อะราบิกกัม (Arabic gum)

อะราบิกกัม (Arabic gum) หรือบางครั้งเรียก อาคาเซียกัม (Acacia gum) เป็นกัมจากต้นอาคาเซีย (*Acacia Senegal L.*) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) เชิงซ้อนชนิดหนึ่งประกอบด้วยน้ำตาล 4 ชนิดในโครงสร้าง ได้แก่ แอล-อะราบิโนส (L-Arabinose) ดี-กาแลคโทส (D-galactose) แอล-แรมโนส (L-ramnose) และ กรดดี-กลูคูรูนิก (D-glucuronic acid) มีน้ำหนักโมเลกุล 250,000 ถึง 750,000 ดาลตัน ละลายน้ำได้ดี ให้สารละลายใสและมีความหนืดต่ำ ความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้น ความหนืดของอะราบิกกัมขึ้นอยู่กับความเป็นกรดด่าง (pH) โดยจะมีความหนืดสูงสุดที่ pH 5-6 และความหนืดอาจลดลงร้อยละ 20 ที่ pH 3 หรือ 11

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำอะราบิกกัมไปใช้ ได้แก่ อิมัลชันแต่งรสชาติ (flavor emulsion) เบียร์ ไอศกรีม ลูกอม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) คาราจีแนน (Carrageenan)

เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประเภทเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ heteropolysaccharide เป็นกัม (gum) ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) คาร์ราจีแนนสกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง เช่น สาหร่ายผมนาง (Gracilaria fisheri) มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เป็นพอลิเมอร์ของกาแลคโทส (galactose) และ 3,6-anhydrogalactose (3,6-AG) มีทั้งชนิดที่มีหมู่ซัลเฟต และไม่มีหมู่ซัลเฟตซึ่งทำให้คาร์ราจีแนนมีสมบัติด้านต่างๆ เช่น การละลาย (soluability) การเกิดเจล (gelation) แตกต่างกันไป

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำคาราจีแนนไปใช้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม อาหารกระป๋อง ขนมหวาน เครื่องดื่ม เป็นต้น

5.) แอลจิเนต (Alginate)

เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่เป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharide) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของอนุพันธ์ของน้ำตาล ได้แก่ กรดแมนนูโรนิก (D-mannuronic acid) และกรดกูลูโรนิก (guluronic acid) แอลจิเนตสกัดได้จากผนังเซลล์ของสาหร่ายสีน้ำตาล (brown algae) เช่น *Laminaria digitata* และ *Macrocystis pyrifera* ผ่านการทำแห้ง มีลักษณะเป็นผง ลักษณะทั่วไปอยู่ในรูปของสารประกอบผสมของเกลือแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียมของกรดแอลจินิก (alginic acid) ซึ่งละลายได้ในน้ำ เป็นสารก่อเจล (gelling agent) ซึ่งเป็นเจลที่ทนต่อความร้อน (thermoirreversible gel)

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำแอลจิเนตไปใช้ ได้แก่ ขนมหวาน เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.) โลคัสบีนกัม (Locust bean gum)

เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่เป็น heteropolysaccharide โลคัสบีนกัมเป็นกัมที่สกัดมาจากเนื้อในเมล็ด (endosperm) ของต้น carob (*Ceratonia silliqua*) เป็นพืชที่ปลูกในแถบเมดิเตอร์เรเนียน เช่น ประเทศโปรตุเกส และโมร็อคโค มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์สายยาว ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด คือ แมนโนส (mannose) และกาแลคโทส (galactose) โดยมีน้ำตาลแมนโนสเป็นสายหลัก สลับกับน้ำตาลกาแลคโทสที่เป็นกิ่งแขนง

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำโลคัสบันกัมไปใช้ ได้แก่ เนยแข็ง ไอศกรีม และลูกกวาด เป็นต้น

7.) ทรากาแคนท์กัม (Tragacanth gum)

เป็นกัมจากไม้พุ่มที่มีขนาดเล็กอยู่ในตระกูลถั่ว (Leguminosea) ชื่อสกุล *Astragalus* เป็นไม้พุ่มที่มีรากแก้วขนาดใหญ่ สามารถสกัดกัมได้จากการกรีดส่วนราก ลำต้น และกิ่ง เพื่อให้ได้กัมที่ซึมออกมา โดยทรากาแคนท์กัมประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนที่มีการละลายแตกต่างกัน ส่วนแรกเรียก ทรากาแคนทิน (tragacanthin) ละลายน้ำได้ดี ให้สารละลายประเภทคอลลอยด์ ส่วนที่สองคือ บอสโซริน (bossorin) ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถดูดน้ำและพองตัวเป็นเจลได้ดี มีความเสถียรในสภาวะที่มีเป็นความกรดด่าง (pH) ที่กว้างกว่ากัมชนิดอื่น คือ pH 2-10

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำทรากาแคนท์กัมไปใช้ ได้แก่ น้ำส้มสายชู น้ำสลัด ซอส ไอศกรีม เป็นต้น

8.) เจลแลนกัม (Gellen gum)

เจลแลนกัม เป็นพอลิแซ็กคาไรด์กัมชนิดหนึ่งที่ได้จากการหมักโดยแบคทีเรีย *Pseudomonas elodea* ประกอบด้วยหน่วยย่อยของเททระแซ็กคาไรด์ (tetrapoly saccharide) มีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลแรมโนส (ramnose) กรดกลูคูโรนิก glucuronic acid) และน้ำตาลกลูโคส (glucose) 2 โมเลกุล สามารถละลายน้ำได้ดี มีคุณสมบัติเป็นสารก่อเจล (gelling agent) ในอาหาร สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีไอออนประจุบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำเจลแลนกัมไปใช้ ได้แก่ น้ำผลไม้ผสมเนื้อผลไม้ ผลิตภัณฑ์นม ไอศกรีม แยม เยลลี่ น้ำสลัด เป็นต้น

9.) แซนแทนกัม (Xanthan gum)

เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่เป็น heteropolysaccharide เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) เป็นสายพอลิเมอร์ของ β-D-glucose มีโครงสร้างคล้ายกับเซลลูโลส (cellulose) สังเคราะห์ขึ้นโดยแบคทีเรีย Xanthomonas campestris ด้วยกระบวนการหมักแบบใส่อากาศ (Submarged) มี D-glucose เป็นแหล่งอาหารคาร์บอนหลักเป็นน้ำตาลซูโครส หรือสตาร์ช กัมชนิดนี้ได้จากการที่แบคทีเรียสร้างสารหุ้ม หรือเมือก (slime) อยู่ภายนอกเซลล์เพื่อป้องกันเซลล์จากสภาวะภายนอก เมื่อแบคทีเรียผลิตได้กัมตามที่ต้องการจะถูกนำมาสเตอริไรซ์เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ แล้วแยกส่วนที่เป็นกัมออกด้วยการตกตะกอน จากนั้นจะถูกทำให้สะอาดและอบแห้ง

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำแซนแทนกัมไปใช้ ได้แก่ โยเกิร์ต ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ไส้ขนม ไอศกรีม น้ำสลัด อาหารแช่แข็ง ผลิตภัณฑ์นม วิปปิ้งครีม มายองเนส เป็นต้น

10.) สตาร์ช (Starch)

สตาร์ช (starch) คือพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่พบในพืช เช่น เมล็ดธัญพืช พืชหัว และถั่วเมล็ดแห้ง มีน้ำตาลกลูโคส (glucose) เป็นมอโนเมอร์ ของน้ำตาลกลูโคส ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่งแอลฟา1,4 ได้เป็นโครงสร้างแบบอะมิโลส (amylose) ส่วนที่ตำแหน่ง แอลฟา 1,4 และ แอลฟา 1,6 ได้เป็นอะมิโลเพคติน (amylopectin) เม็ดสตาร์ช (starch granule) เม็ดสตาร์ชของพืชแต่ละชนิดจะมีอะมิโลสและอะมิโลเพคตินอัดแน่นอยู่ โดยมีสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินแตกต่างกัน ทำให้มีสมบัติด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำไปใช้ประโยชน์ต่างกัน เช่น การเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) ความหนืด (viscosity) (วรรณา, 2551)

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำสตาร์ชไปใช้ ได้แก่ ซอส ซุป ลูกกวาด ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.2 เซลลูโลส (cellulose)

1.) กลูโคแมนแนน (Glucomannan) (วรรณา, 2551)

เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) เป็นเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยโมเลกุลของกลูโคแมนแนนเกิดจากการรวมตัวกันของน้ำตาลกลูโคส (glucose) และน้ำตาลแมนโนส (mannose) ในอัตราส่วน 2 : 3 ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ ที่ตำแหน่ง β-1,4 และมี acetyl group กระจายอยู่ประมาณ 1 ใน 5 ของน้ำตาลที่เหลือ กลูโคแมนแนนมีความหนืดมากที่สุดในกลุ่มใยอาหาร (dietary fiber) เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) ซึ่งเป็นเจลที่คงตัวต่อความร้อนได้ (thermoirreversible gel)

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำกลูโคแมนแนนไปใช้ ได้แก่ เครื่องดื่ม ลูกกวาด ซอส ซุปผลิตภัณฑ์นม ขนมหวาน เป็นต้น

2.) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy Methyl Cellulose, CMC) (ปิยพร และคณะ, 2561)

เป็นคาร์โบไฮเดรด (carbohydrate) เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส (cellulose) สังเคราะห์ได้จากเซลลูโลส (cellulose) ผลิตได้จากปฏิกิริยาของโซเดียมมอโนคลอโรแอซีเทต (sodium monochloroacetate) กับแอลคาไลเซลลูโลส (alkaline cellulose) ได้เป็นโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethylcellulose) ละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด และสารช่วยยึดจับ (binding agent) ในอาหาร คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีความคงตัวอยู่ในช่วงค่า pH 5.0-10.0 หากมีค่า pH ต่ำกว่า 5.0 จะทำให้ความหนืดและความคงตัวลดลง

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำ CMC ไปใช้ ได้แก่ พุดดิ้ง ไอศกรีม เนยแข็ง ไส้ขนมกะทิกระป๋อง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl Methyl Cellulose, HPMC) (ฐิติรัตน์ และประเสริฐ, 2549)

เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส ซึ่งถูกแทนที่ออกซิเจนบางส่วนด้วยหมู่เมทีล (methyl) และ 2-ไฮโดรโพรพิล (2-hydropropyl) หลายชนิดแตกต่างกันที่หมู่แทนที่ มีสภาพเป็นสารละลายคงตัวเมื่อมีความเป็นกรดด่าง (pH) ที่ 3-11 เกิดเจลที่อุณหภูมิ 50-90 องศาเซลเซียส ไม่สามารถใช้ร่วมกับสาร oxidizing บางชนิด

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำ HPMC ไปใช้ ได้แก่ ยาสีฟัน แยม เป็นต้น

4.) เมทิลเซลลูโลส (Methyl Cellulose, MC) (ฐิติรัตน์ และประเสริฐ, 2549)

เป็นโรงสร้างของเซลลูโลสสายยาวที่มีการแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซีล (hydroxyl group) ร้อยละ 27-32 โดยจะอยู่ในรูปของเมทีลอีเทอร์ (methyl ether) ไม่สามารถละลายได้ในสารละลายที่มีเกลือ (salt solution) และไม่ละลายที่อุณหภูมิสูง แต่ละลายในสภาวะที่เป็นกรด สามารถพองตัวและกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น มีสภาพเป็นสารละลายคงตัวเมื่อมีความเป็นกรดด่าง (pH) ที่ 3-11 ที่อุณหภูมิห้อง

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำ MC ไปใช้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ยา อาหารที่มีลักษณะเป็นเจล ครีม เป็นต้น

2.6.2 โปรตีน (protein) (วรรณา, 2551)

2.6.2.1 ไข่ขาว (Egg white)

เป็นโปรตีน (protein) ชนิดอัลบูมิน (albumin) ไข่ขาวสูญเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) ได้ง่ายด้วยความร้อน การสุกของไข่ขาวด้วยความร้อน ทำให้ไข่ขาวเหลวแข็งตัว เกิดลักษณะเป็นเจล (gel) แข็ง ซึ่งจะย้อนกลับคืนไม่ได้ (thermoirreversible gel) เมื่อตีไข่ขาวทำให้โปรตีนไข่ขาวสูญเสียสภาพธรรมชาติ เพราะแรงกล ทำให้โปรตีนคลายตัว และกักอากาศไว้ภายใน มีลักษณะ เป็นโฟม (foam) ซึ่งการเกิดโฟม (foaming) และการเกิดเจล (gelling) ของไข่ขาวมีบทบาทสำคัญอย่างมากในผลิตภัณฑ์เบเกอรี และขนมหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำไข่ขาวไปใช้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เมอแรงค์ ซุป เต้าหู้ไข่ขาว เป็นต้น

2.6.2.2 เจลาติน (Gelatin)

เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ที่เป็นโปรตีน (protein) ที่ได้จากการเสียสภาพธรรมชาติและสกัดได้จากคอลลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนธรรมชาติที่มีอยู่ใน กระดูก หนังสัตว์ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ของสัตว์ สามารถละลายได้ในน้ำร้อนไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะอ่อนนุ่ม พองตัว และอุ้มน้ำได้ 5-10 เท่าของน้ำหนักเดิม เมื่อนำผงเจลาตินผสมในน้ำและให้ความร้อน จะเป็นของเหลวหนืดเมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็นของเหลวจะกลายเป็นเจล (gel) ใช้ผสมในอาหาร

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำเจลาตินไปใช้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์นม ขนมหวาน แยมอาหารเคลือบน้ำตาล ช็อคโกแลต ซอส ซุป อาหารแช่งแข็ง มาการีน น้ำสลัด เป็นต้น

2.7 การทำแห้ง (Drying) (วิไล, 2547)

การทำแห้งเป็นการให้ความร้อนภายใต้สภาวะการควบคุมเพื่อกำจัดน้ำที่มีอยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำ วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำ คือ การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, Aw) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้น การลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและการขนส่ง เพิ่มความหลากหลายและความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค

2.7.1 กลไกการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในอาหาร เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำ อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสูงและค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น (Initial adjustment period) เป็นช่วงที่ความชื้นที่มีอยู่ในอาหารปรับตัวเพื่อมีอุณหภูมิเท่ากับลมร้อน อัตราการแห้งจะต่ำและจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่

2.) ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (Constant rate period) เป็นช่วงที่น้ำในอาหารระเหยเป็นไออย่างต่อเนื่อง คล้ายกับการระเหยของน้ำโดยทั่วไป

3.) ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate period) เป็นช่วงที่ความชื้นในอาหารเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าอาหารอย่างไม่ต่อเนื่องทำให้ชั้นของเหลวที่ปกคลุมอยู่ไม่สม่ำเสมอ อัตราการแห้งจึงลดลง และเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงความชื้นสมดุลซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก

2.7.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

2.7.2.1 ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีความพรุน (porosity) มาก จะมีอัตราการอบแห้งเร็วเนื่องจากน้ำในอาหารสามารถเคลื่อนจากภายในออกมาภายนอกได้ง่าย นอกจากนี้อาหารที่มีพื้นที่ผิวมากอัตราการอบแห้งสามารถเกิดได้เร็วเช่นกัน ทั้งนี้ก็เนื่องจากพื้นที่การระเหยของน้ำในวัสดุเพิ่มขึ้นมากนั่นเอง

2.7.2.2 ขนาด รูปร่าง ปริมาตร และพื้นที่ผิวของอาหาร เป็นสมบัติทางกายภาพของอาหาร ที่มีผลต่อการทำแห้ง อาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมาก จะมีพื้นที่ระเหยน้ำมาก จะมีอัตราการทำแห้งเร็วขึ้น ดังนั้นหากอาหารที่มีความหนามากอัตราการอบแห้งจะช้ากว่าอาหารที่มีความหนาน้อยกว่าเนื่องจากอัตราการทำแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร

2.7.2.3 ปริมาณของอาหารที่นำมาอบแห้ง อาหารที่นำมาอบแห้งในปริมามากๆ จะมีอัตราการอบแห้งที่ช้าเนื่องจากอากาศร้อนไม่สามารถสัมผัสกับอาหารที่นำมาอบแห้งได้อย่างทั่วถึงจึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารได้ จึงทำให้อัตราการอบแห้งช้าลง

2.7.2.4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความชื้นจำเพาะ (specific humidity) ของอากาศเป็นสิ่งสำคัญมาก การระเหยน้ำออกจะทำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศและความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) อุณหภูมิของลมร้อน

โดยปกติการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิการอบแห้งและถูกควบคุม อัตราการอบแห้งจะขึ้นอยู่กับผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับกระเปาะแห้งของอากาศร้อน ดังนั้นอัตราการอบแห้งมีค่าสูง เมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งมีค่าสูงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าต่ำสุด ในช่วงของอัตราการอบแห้งคงที่ อัตราการอบแห้งจะขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และผลต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศแห้งเท่านั้น ส่วนในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงวัสดุอบแห้งมีแนวโน้มจะแห้งเร็วขึ้นถ้าอุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น

2.) ความชื้นของลมร้อน

ความชื้นขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอากาศที่ใช้แล้วกับอากาศแวดล้อมและยังขึ้นอยู่กับอัตราการอบแห้งที่เวลาใดๆ หากลมร้อนมีความชื้นสูงจะทำให้ความสามารถในการดึงในวัสดุอบแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของลมร้อนลดลง นั่นคือการอบแห้งจะลดลงด้วย

3.) ความเร็วของลมร้อน

ความเร็วของลมร้อนไม่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอากาศ อุณหภูมิและการนำอากาศที่ใช้แล้วมาผสมกับอากาศแวดล้อม แม้ว่าการนำอากาศที่ใช้แล้วมาผสมกับอากาศแวดล้อม ทำให้องค์ประกอบและคุณสมบัติของอากาศร้อนเปลี่ยนแปลงไป แต่จะไม่มีผลต่อความเร็วของลมร้อน โดยปกติในการอบแห้งจะควบคุมให้ความเร็วของลมร้อนคงที่ตลอดช่วงของการอบแห้ง ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงความร้อนของลมร้อน ความเร็วของลมร้อนมีผลต่ออัตราการอบแห้งเนื่องจากความเร็วของลมร้อนจะมีผลต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ดังนั้นถ้าปัจจัยอื่นๆ คงที่การอบแห้งที่ความเร็วลมร้อนสูง จะทำให้อัตราการอบแห้งดีขึ้น

2.7.2.5 ความดัน เกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำ เนื่องจากในที่ความดันต่ำ ลงมาน้ำจะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยบ่งชี้สำคัญที่บ่งบอกถึงระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์นั้นยังมีความปลอดภัยในการบริโภค นอกจากนี้ยังรวมถึงการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทั้งทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการที่คงอยู่ตามที่ระบุในฉลากโภชนาการ (Kilcast และ Subramaniam, 2000)

2.8.1 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา (ประมวล, 2558)

สามารถแบ่งได้ 4 ปัจจัย ดังนี้

2.8.1.1 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร

องค์ประกอบของอาหารเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากองค์ประกอบอาหารจะเป็นตัวกำหนดลักษณะการเสื่อมเสียของอาหาร โดยอาหารที่เสื่อมเสียได้ง่ายมักจะมีองค์ประกอบที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ง่าย โดยองค์ประกอบหลักของอาหาร ได้แก่ น้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรด วิตามิน ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของผลิตภัณฑ์

2.8.1.2 การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อาหาร

การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์มีหลายอย่าง เช่น การเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ในอาหาร การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเจริญของจุลินทรีย์ รวมถึงปฏิกิริยาทางชีวเคมีในอาหาร โดยมีปัจจัยหลักดังนี้

1.) **การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์** เป็นการเปลี่ยนแปลงของอาหารซึ่งเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร ซึ่งมีทั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย และจุลินทรีย์ที่ก่อโรค หรือจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารที่ลักษณะไม่เป็นไปตามต้องการ

2.) **การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี** เป็นการเปลี่ยนของอาหารซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในอาหาร เช่น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ การเกิดการหืน หรือการย่อยสลายของโครงสร้างจากเอนไซม์ เป็นต้น

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำเนื้อหาทั้งหมดหรือส่วนใดส่วนหนึ่งนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1.3 ปริมาณความชื้นในอาหาร

ความชื้น (moisture content) เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร เนื่องจากความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage) โดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (microbial spoilage) ซึ่งกระทบต่ออายุการเก็บรักษา (shelf life) อาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย (perishable food) เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อม ความชื้นจึงมีผลต่อความปลอดภัยทางอาหาร (food safety) อาหารที่มีน้ำสูงเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) และและจุลินทรีย์ที่สารพิษ (toxin) ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ เช่น aflatoxin patulin หรือ botulinum toxin ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

ความชื้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่างๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน (thermal conductivity) ความร้อนจำเพาะ (specific heat) และมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของอาหาร ได้แก่ เนื้อสัมผัส (texture) เช่น ความกรอบ ความหนืด (viscosity) การเกาะติดกันเป็นก้อน (caking) รวมถึงมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่มีผลกระทบทางลบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation)

2.8.1.4 การบรรจุ และบรรจุภัณฑ์

การบรรจุและบรรจุภัณฑ์เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา เพราะบรรจุภัณฑ์นั้นมีหน้าที่ป้องกันอาหารไม่ให้เกิดการปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาหาร ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทจะมีความเหมาะสม และมีข้อดีข้อเสียในการใช้งานต่างกัน ดังนี้

1.) **บรรจุภัณฑ์แก้ว** มีข้อดีคือสามารถป้องกันความชื้นและอากาศได้ดี แต่ไม่ป้องกันแสง (แก้วใส) ทั้งนี้ชนิดที่มีสีสามารถช่วยพรางแสงเป็นการป้องกันอาหารที่มีความไวต่อแสงได้ดี เช่น ยา วิตามิน เครื่องดื่ม เป็นต้น แต่มีข้อเสียคือ มีน้ำหนักมาก และไม่ทนต่อแรงกระแทก

2.) **บรรจุภัณฑ์โลหะ** ได้แก่ กระป๋องโลหะ กระป๋องเหลืองเคลือบดีบุกหรือแลคเกอร์ เพื่อป้องกันการกร่อน ข้อดีคือสามารถผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโดยการใช้ความร้อนร่วมกับความดันได้ดี ข้อเสียคือมีน้ำหนักมาก และอาจเกิดการปนเปื้อนหากเกิดการปริแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) บรรจุภัณฑ์พลาสติก ในปัจจุบันมีความหลากหลายขึ้นกับชนิดของพลาสติก ทำให้มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ โดยมีลักษณะการเลือกใช้หลายปัจจัย เช่น ความสามารถในการซึมผ่านของอากาศและความชื้น ความสามารถในการทนทานต่อความร้อนและความเย็น ข้อดีคือมีความหลากหลาย น้ำหนักเบา และมีราคาถูก ข้อเสียคือหากเลือกชนิดของบรรจุภัณฑ์พลาสติกไม่เหมาะสมจะทำให้มีอายุการเก็บสั้นลง

4.) บรรจุภัณฑ์ผสมหลายชั้น เช่น กล่องกระดาษบรรจุนม หรือน้ำผลไม้ ซึ่งประกอบด้วยวัสดุหลายชั้น ได้แก่ พลาสติก ฟอยด์อะลูมิเนียม และกระดาษ ข้อดีคือน้ำหนักเบา ราคาถูก ข้อเสียคือบรรจุได้เฉพาะของเหลว และไม่ทนทานต่อการกระแทก

2.8.2 การประเมินอายุการเก็บรักษา (ประมวล, 2558)

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารเป็นกรรมวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้เราทราบถึงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารอย่างมีหลักการเพื่อกำหนดอายุของผลิตภัณฑ์ ในการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารจะพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่างๆ ซึ่งมีผลทำให้อาหารมีอายุการเก็บสั้นลง หรือมีคุณภาพลดลง จนไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคได้ ได้แก่ การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวภาพ และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

การประเมินอายุการเก็บรักษาอาหาร ทำได้ดังนี้

2.8.2.1 การหาอายุการเก็บรักษาตามระยะเวลาจริง

เป็นการเก็บในสภาวะจริงตามระยะเวลาจริง โดยพิจารณาว่าปัจจัยคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการเก็บรักษา และผลการยอมรับของผู้บริโภคหรือความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

2.8.2.2 การประเมินอายุการเก็บรักษาโดยสภาวะเร่ง

เพื่อใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาก่อนการนำสินค้าไปจำหน่าย โดยพิจารณาว่าปัจจัยคุณภาพใดที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการเก็บรักษา และมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคหรือความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ เช่น คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่นรส รสชาติ หรือเนื้อสัมผัส คุณภาพทางเคมี เช่น ความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity, Aw) การออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) และคุณภาพทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านจุลินทรีย์ เป็นต้น โดยนำปัจจัยหลักของการเสื่อมเสียมาพิจารณาเพื่อหาอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง แล้วนำค่าที่ได้มาเข้าสมการคณิตศาสตร์ พิจารณาจากกราฟของการเสื่อมเสียจะสามารถคำนวณอายุการเก็บรักษาได้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะการอบแห้งเมล็ดพืชน้ำมัน มีดังนี้

López และคณะ (1979) ได้ศึกษาอิทธิพลของสภาวะการอบแห้งของถั่วเฮเซลนัท (*Corylus avellana L.*) โดยทำการวัดค่าสี โดยถั่วเฮเซลนัทแบบกะเทาะเปลือกและไม่กรเทาะเปลือกถูกนำมาอบแห้งภายใต้อุณหภูมิ 6 ระดับ (30, 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส) และตรวจสอบค่าสีด้วยระบบ CiE Lab ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของสี พบว่า ค่าความสว่าง (Lightness, L*) ค่าโครม่า (Chroma, C*) และค่าฮิว (Hue angle, H*) ของเม็ดเฮเซลนัทแห้งมีการเปลี่ยนแปลง จากค่าดัชนีสีน้ำตาล (browning index) ของถั่วเฮเซลนัทในทุกอุณหภูมิที่ทำการศึกษา แบบจำลองทางจลนพลศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงค่าสีแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นค่าดัชนีสีน้ำตาลของถั่วเฮเซลนัทจะมีการเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยจากสมการ Arrhenius ได้แสดงให้เห็นว่าพลังงานกระตุ้น (Ea) ที่มีค่าตั้งแต่ 28 ถึง 39 kJ/mol ของความร้อนในการอบแห้งจะส่งผลต่อค่าดัชนีสีน้ำตาลสูงที่สุด

Ozdemir และ Devres (2000) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การพัฒนาสีในระหว่างการคั่วอบของถั่วเฮเซลนัท 3 แบบ (แบบเต็มเมล็ด บดหยาบ และ สับหยาบ) ด้วยวิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว (response surface methodology) พบว่า เมล็ดถั่วเฮเซลนัทคั่วอบแบบบดมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากที่สุดเนื่องจากมีบริเวณพื้นผิวมากกว่าเมล็ดถั่วเฮเซลนัทแบบสับหยาบและแบบเต็มเมล็ด โดยอุณหภูมิการคั่วอบที่เพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาสีของเมล็ดเฮเซลนัท ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นอีกว่าการเพิ่มขึ้นของค่าสีแดง (a-value) ของถั่วเฮเซลนัทสามารถเป็นตัวบ่งชี้ (indicator) ในการติดตามการเกิดสีน้ำดาลในถั่วเฮเซลนัท จากแบบจำลองการคั่วแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการคั่วอบ 110 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการคั่วอบเมล็ดถั่วเฮเซลนัททั้ง 3 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kahyaoglu และ Kaya (2005) ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองของความชื้นเปลี่ยนสีและเนื้อในเมล็ดงาในระหว่างการคั่วอบด้วยวิธีดั้งเดิม โดยใช้อุณหภูมิที่ 120, 150 และ 180 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที โดยศึกษาผลกระทบของระยะเวลาการให้ความร้อนและอุณหภูมิต่อปริมาณความชื้น สี และเนื้อสัมผัสของเมล็ดงา พบว่า การเพิ่มของอุณหภูมิและเวลาในการคั่วอบมีผลทำให้ค่าความชื้นและค่าความสว่าง (lightness) ของเมล็ดงามีค่าลดลง แต่มีผลทำให้ค่าสีแดง (redness) และค่าสีเหลือง (yellowness) ของเมล็ดงาเพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index) ของเมล็ดงา และมีผลทำให้เมล็ดงามีความเปราะบาง (fracturability) เพิ่มขึ้นและมีค่าความแข็ง (hardness) ลดลง

Zeng และคณะ (2007) ได้ศึกษาผลกระทบของกระบวนการทำแห้ง (แสงอาทิตย์) อบแห้งแบบลมร้อน อบแห้งในสภาวะสุญญากาศ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อน) ต่อการอัตราการหดตัว สีและโครงสร้างของเม็ดบัว พบว่า เม็ดบัวที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อนมีการหดตัวน้อยและมีอัตราการคืนตัวสูงใกล้เคียงกับเม็ดบัวสดที่สุด กระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อนมีผลการเปลี่ยนแปลงค่าสีและโครงสร้างของเม็ดบัวน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเม็ดบัวสด คุณภาพของเม็ดบัว การอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งทำให้บัวเมล็ดมีการหดตัวและอัตราส่วนการคืนตัวสูงสุด คุณภาพของเม็ดบัวแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ การอบแห้งแบบลมร้อนและการอบแห้งแบบสุญญากาศจะต่ำกว่าวัสดุอื่น ๆ ดังนั้นการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อนทำให้มีคุณภาพของเม็ดบัวอบแห้งดีที่สุด

Demir และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลองทางจลนศาสตร์เพื่อการคำนวณการเปลี่ยนสีในเมล็ดถั่วเฮเซลนัทในระหว่างการคั่วด้วยลมร้อน โดยศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิในการคั่วตั้งแต่ 100 ถึง 180 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการคั่ว 0 ถึง 1900 นาที พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการคั่วอบมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดถั่วเฮเซลนัท โดยจากการตรวจติดตามผลการเปลี่ยนแปลงจากค่าสี (L*, a และ b) ค่าความสว่าง (lightness) และค่าสีแดง (redness) แสดงให้เห็นว่าที่การคั่วอบที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างน้อยกว่าการคั่วอบที่อุณหภูมิสูง โดยค่าจริงที่ได้มีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของขนาดอนุภาคต่อเนื้อสัมผัสอาหารที่มีลักษณะเป็นอาหารกึ่งเหลว (paste) มีดังนี้

Baik และ Czuchajowska (1999) ได้ศึกษาขนาดอนุภาคของถั่วแดงบดต่อคุณภาพของถั่วแดงกวนหวาน (Azuki paste) พบว่า ถั่วแดงบดที่มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นจะมีผลกระทบต่อค่าความแข็ง (hardness) และ ค่าแรงในการเคี้ยว (chewiness) มีค่าลดลง และทำให้ค่าแรงยึดเกาะพื้นผิว (adhesiveness) ของถั่วแดงกวนหวานเพิ่มขึ้น

Njintang และคณะ (2007) ได้ศึกษา การวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรของผลกระทบของวิธีการอบแห้ง (อบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ และการอบแห้งด้วยไฟฟ้า) ต่อคุณภาพของเผือก 2 สายพันธุ์ และศึกษาขนาดอนุภาคแป้ง (500, 1000 และ 1500 ไมโครเมตร) ต่อเนื้อสัมผัสของแป้งเผือกกวน (Achu) พบว่า เผือกสายพันธุ์สีเหลืองมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยรวมสูงกว่าสายพันธุ์สีแดง ส่งผลให้ค่าแรงยึดเกาะ (force of adhesion, FOA) ของแป้งเผือกกวนจากเผือกสีเหลืองมีค่าที่สูงกว่าแป้งเผือกกวนจากเผือกสีแดง โดยแป้งเผือกกวนจากเผือกอบแห้งด้วยไฟฟ้า แสดงค่าแรงในการคืนตัว (force of relaxation, FOR) และ อัตราการคืนตัว (rate of relaxation, ROR) ที่ต่ำกว่า และ ค่าดัชนีความหนืด (viscoelasticity index, VEI) สูงกว่าแป้งเผือกกวนที่ได้จากเผือกอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังพบว่า ขนาดของอนุภาคที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า FOA ความแข็ง และ FOR ของแป้งเผือกกวนลดลง แต่ไม่พบความเปลี่ยนในค่า ROR และ VEI ในแป้งเผือกกวนจากเผือกทั้ง 2 สายพันธุ์ โดยผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Principle Component Analysis (PCA) พบว่า แป้งเผือกกวนจากผงเผือกอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ที่ขนาดอนุภาค 500 และ 1000 ไมโครเมตร มีคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแป้งเผือกกวนที่ทำตามกรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไฮโดรคอลลอยด์ในอาหารที่มีลักษณะเป็นอาหารกึ่งเหว (paste) มีดังนี้

Razavi และคณะ (2007) ได้ศึกษา คุณสมบัติของการไหลของงาบดก้อนไขมันต่ำโดยใช้น้ำเชื่อมอินทผาลัมและเพิ่มสารทดแทนไขมัน คือ กัวร์กัม (ร้อยละ 0.1, 0.15 และ 0.2) แซนแทนกัม (ร้อยละ 0.01, 0.015 และ 0.02) และสตาร์ช (ร้อยละ 0.75, 1.25 และ 1.75) และศึกษาผลอุณหภูมิต่ออัตราการไหล (25, 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส) พบว่า เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของ กัวร์กัม แซนแทนกัม และสตาร์ช ในงาบดมีผลทำให้อัตราการไหลของงาบดลดลง โดยแซนแทนกัม ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02 มีค่าความหนืดสูงสุด โดยงาบดที่เพิ่มสารทดแทนไขมันทุกชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีความหนืดลดลงเมื่ออุณหภูมิของงาบดเพิ่มขึ้น

Krystyjan และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มความหนืดของซอสคาราเมลด้วยแป้งมันฝรั่งและแซนแทนกัมโดยใช้อัตราส่วนของแป้งมันฝรั่งร้อยละ 0.2-0.3 และแซนแทนกันร้อยละ 0.02-0.05 และทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัส ก่อนและหลังการเก็บรักษานาน 7 เดือน พบว่าอัตราส่วนของแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความข้นของซอสคาราเมล และจากการทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซอสคาราเมลที่ผ่านการเก็บรักษานาน 7 เดือน พบว่าซอสคาราเมลที่ใช้แป้งมันฝรั่งร้อยละ 0.3 และแซนแทนกัม ร้อยละ 0.02 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด

Heyman และ คณะ (2014) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติการไหลของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy maize) ดัดแปลงโดยการเพิ่มกัวร์กัมและแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.0, 0.2 และ 0.4 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) โดยศึกษาสมบัติการไหลของแป้งที่อุณหภูมิ 20-85 องศาเซลเซียส พบว่า กัมทั้งสองชนิดที่ผลทำให้ความหนืดของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเพิ่มขึ้น โดยจากการทดสอบคุณสมบัติการไหลแบบไดนามิก แสดงถึงอัตราการไหลของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวที่อุณหภูมิต่ำมีค่าน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง และพบว่าการเพิ่มกัวร์กัมและแซนแทนกัมในแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวมีผลทำให้ความหนืดของเม็ดแป้งลดลง เนื่องจากกัมทั้งสองชนิดไปขัดขวางการเชื่อมต่อของโครงสร้างเม็ดแป้งซึ่งมีผลต่อความยืดหยุ่นและการเชื่อมโยง แม้ว่ากัวร์กัมและแซนแทนกัมมีความสามารถในการลดความหนืดของเม็ดแป้งแต่การเพิ่มขึ้นของปริมาณกัมในแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวนั้นยังมีผลทำในอัตราแรงเฉือนของแป้งเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lutfi และคณะ (2017) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของแซนแทนกัม (xanthan gum) กัวร์กัม(guar gum) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose, CMC) และ กัมอาคาเซีย (gum acacia) ต่อคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งแห้ว โดยการกวนแป้งแห้วร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ในแป้งแห้วกวนมีผลทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งแห้วลดลงเนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ไปขัดขวางการเชื่อมต่อโครงสร้างของระหว่างเม็ดแป้ง โดยการใช้แซนแทนกัมร่วมกับแป้งแห้วมีแนวโน้มช่วยให้แป้งแห้วจับตัวกับน้ำได้ดีขึ้น เมื่อใช้แป้งแห้วร่วมกับกัวร์กัมหรือกัมอาคาเซียจะทำให้แป้งแห้วกวนที่ได้มีการหดตัวของเจล (syneresis) สูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อใช้กัวร์กัมร่วมกับแป้งแห้วยังมีผลทำให้แป้งแห้วกวนที่ได้มีความใส (clarity) เพิ่มขึ้น และการใส่ CMC ในแป้งแห้วมีผลทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจล (gelatinization) ของแป้งแห้วกวนลดลง โดยจากการทดสอบทั้งหมดผลโดยรวมที่ได้จากการทดสอบแสดงถึงแซนแทนกัมมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งแห้วมากที่สุด

Sharma และคณะ (2017) ได้ศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆต่อเนื้อสัมผัสของแครอทบดในด้านสมบัติการไหลและการทดสอบทางประทางสัมผัส โดยไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ ได้แก่ แป้งดัดแปร แซนแทนกัม (xanthan gum) คาราจีแนน (carrageenan) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose, CMC) เพคติน (pectin) เจลแลนกัม (gellen gum) และแป้งผสมกัม (starch-gum blend, SGB) พบว่าแครอทบดที่มีส่วนประกอบของเพคตินและคาราจีแนนมีความแข็งมากที่สุด แต่เพคตินมีผลทำให้แครอทบดเกิดการแตกตัวขณะบดเคี้ยวได้มากกว่าคาราจีแนน ในขณะที่ CMC และ SGB มีความนุ่มมากที่สุดและมีการเกาะตัวต่ำทำให้สามารถบดเคี้ยวได้ง่ายกว่า โดยจากการทดสอบหาความหนืดของแครอทบดแสดงให้เห็นว่า CMC แซนแทนกัม และ SGB มีค่าความหนืดที่ใกล้เคียงกัน และจากการผลทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้สูงอายุแสดงให้เห็นว่า ค่าความหนืด (viscosity) อัตราการไหล (flow behavior) และค่าความหนืบ (gumminess) ของแครอทบดมีความสัมพันธ์กับความชอบของผู้บริโภค โดยจากการศึกษาพบว่า CMC และ SGB มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในแครอทบดสำหรับผู้สูงอายุมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เมล็ดแดงโมดิบกะเทาะเปลือก (บริษัท ดี.เค. เบกอรี่ เทรดดิ้ง จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.2 เมล็ดถั่วดาวอินคาดิบกะเทาะเปลือก (อำเภอ พบพระ จังหวัด ตาก)

3.1.3 ผงอัลมอลด์ (บริษัท Herritage จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.4 มาร์ชิแพน (บริษัท Schmidt จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.5 น้ำตาลทราย (บริษัท มิตรผล จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.6 ไข่ขาว (บริษัท เครือเจริญโภคภัณฑ์ จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ในการผลิตผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคา

3,2,1,1 ตู้อบแบบถาด (tray dryer) (บริษัทโปรเกรส อีเล็คโทรนิค, ประเทศไทย)

3.2.1.2 ตะแกรงร่อนขนาด 700 630 และ 560 ไมครอน

3.2.1.3 เครื่องปั่นผสมอาหาร (food processer) (Bosch รุ่น MCM64060, ประเทศเยอรมนี)

3.2.1.4 อ่างผสมสแตนเลส

3.2.1.5 ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminium can)

3.2.2 อุปกรณ์ในการผลิตมาร์ชิแพน

3.2.2.1 เครื่องตีผสม (Cuizimate รุ่น RBSFOODMIXERPRO, ประเทศจีน)

3.2.2.2 เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Pioneer รุ่น PA 4102, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.2.2.3 อ่างสแตนเลส

3.2.2.4 พายยาง

3.2.2.5 ถุงพลาสติก PE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

3.2.3.1 เครื่องวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (Aw) (Aqaulab รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.2.3.2 เครื่องวิเคราะห์ Moisture content (Mettler Toledo, ประเทศเยอรมัน)

3.2.3.3 เครื่องวัดสี Chroma meter (Minolta รุ่น CR-400, ประเทศญี่ปุ่น)

3.2.3.4 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) (รุ่น TA-XT plus, ประเทศอังกฤษ)

3.2.3.5 หัววัด P/35 (35mm Dia cylinder aluminium probe)

3.2.3.6 โถสำหรับดูดความชื้น (desiccator)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงดิบของเมล็ดอัลมอนด์ เมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

เตรียมตัวอย่างผงอัลมอนด์ เมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาดิบกะเทาะเปลือกโดยนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (food processer) นาน 1 นาที และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต) ตามวิธีของ AOAC (2000) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวกที่ ก1.2.2, ก1.3-ก1.7)

3.3.2 การศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

นำเมล็ดแตงโมดิบที่กะเทาะเปลือกแล้วมาต้มในน้ำเดือด นาน 20 นาที เพื่อทำให้เมล็ดสุกและลดกลิ่นถั่วของเมล็ดลงโดยการยับยั้งเอนไซม์ลิโพออกซิเดส (lipoxdidase) ด้วยความร้อน โดยใช้หม้อสแตนเลส โดยมีอัตราส่วนของเมล็ดแตงโมดิบ 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 3 ลิตร และนำเมล็ดแตงโมมาแช่ในน้ำเย็นผสมน้ำแข็ง นาน 3 นาที จากนั้นสะเด็ดน้ำออกและนำไปอบด้วยเครื่องแบบลมร้อนแบบถาด (ขนาด 63 x 80 เซนติเมตร) โดยกำหนดปริมาณเมล็ดแตงโม 250 กรัม ต่อ 1 ถาด ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 270 นาที และทำการสุ่มตัวอย่างทุก 30 นาที (0-270 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเมล็ดถั่วดาวอินคาดิบที่กะเทาะเปลือกแล้วมาต้มในน้ำเดือด นาน 20 นาที เพื่อทำให้เมล็ดสุกและลดกลิ่นถั่วของเมล็ดลงโดยการยับยั้งเอนไซม์ลิโพออกซิเดส (lipoxdidase) ด้วยความร้อน โดยใช้หม้อสแตน โดยมีอัตราส่วนของเมล็ดแตงโมดิบ 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 3 ลิตร และนำเมล็ดถั่วดาวอินคามาแช่ในน้ำเย็นผสมน้ำแข็ง นาน 3 นาที จากนั้นสะเด็ดน้ำออก จากนั้นสไลด์เป็นแผ่นบางความหนา 2 มิลลิเมตรด้วยชุดใบมีดหั่นสไลด์ (ภาพที่ 3.1) ด้วยเครื่องปั่นผสม (food processer) และนำไปอบด้วยเครื่องแบบลมร้อนแบบถาด (63x80 เซนติเมตร) โดยกำหนดปริมาณเมล็ดถั่วดาวอินคา 250 กรัม ต่อ 1 ถาด ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 270 นาที และทำการสุ่มตัวอย่างทุก 30 นาที (0-270 นาที)

ภาพที่ 3.1 ใบมีดหั่นสไลด์

เมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้งที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างเก็บในถ้วยอลูมิเนียม (aluminium can) ในโถสำหรับดูดความชื้น (desiccator) นาน 30 นาทีเพื่อลดอุณหภูมิของตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์

3.3.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้ง

ตัวอย่างเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างนำมาปั่นเพื่อลดขนาดด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (food processer) โดยใช้ความเร็วสูงสุด นาน 1 นาที และนำไปวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.1.1 ค่าความชื้น (Moisture content)

ตัวอย่างเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา 3 กรัม นำมาวิเคราะห์หาค่าความชื้นด้วยเครื่อง Halogen moisture analyzer โดยใช้โหมดธัญพืช อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ก1.2.1)

3.3.2.1.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, Aw)

ตัวอย่างเมล็ดแตงโมปั่น 2 กรัม นำมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Aw) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ก1.1)

3.3.2.1.3 ค่าสีและค่าดัชนีสีน้ำตาล (Color measurement and Browning index)

ตัวอย่างเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาปั่น 10 กรัม นำมาวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น CR-400 นำค่าสี L*, a* และ b* ที่ได้ (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ก2.1) มาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีสีน้ำตาล โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Kahyaoglu และ Kaya (2005) มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{Browning Index (BI)} = [100\,(x - 0.31)] / 0.172$$

เมื่อ $x = (a + 1.75L) / (5.645L + a - 0.3012b)$

3.3.2.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

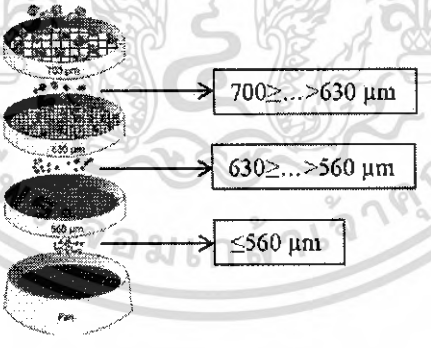
วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้ง โดยมีตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิในการอบแห้ง และระยะเวลาในการอบแห้ง ตัวแปรตามคือ ค่าความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี และค่าดัชนีสีน้ำตาล ของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้ง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์(Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 21)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาจะเลือกจากค่าปริมาณความชื้นของเมล็ดอบแห้ง น้อยกว่า ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง (Akinoso, 2002) ค่าปริมาณน้ำอิสระ น้อยกว่า 0.6 และค่าดัชนีสีน้ำตาลของเมล็ดอบแห้งเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้น (0 นาที) น้อยที่สุด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของสีน้ำตาลของผงเมล็ดพืชน้ำมันจะส่งผลของสีของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน

3.3.3 การศึกษาขนาดของอนุภาคของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการทำเป็นผงเพื่อใช้ในการทำมาร์ซิแพน

ศึกษาโดยเตรียมเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบแบบลมร้อนด้วยสภาวะที่เลือกจาก 3.2 มาปั่นเพื่อลดขนาดด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (food processer) โดยปั่นเมล็ดแต่ละชนิด 200 กรัม ด้วยโถปั่นของแห้ง ด้วยความเร็วสูงสุด นาน 1 นาที ผงที่ได้จากการปั่นจะนำมาร่อนเพื่อแยกขนาดอนุภาคของผงด้วยเครื่องร่อน ด้วยตะแกรงขนาด 700, 630 และ 560 ไมโครเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3.2 ผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ผ่านการร่อนแยกขนาด เก็บในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศเพื่อใช้ในการทำมาร์ซิแพนต่อไป (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ง1)



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการร่อนแยกขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงร่อน

3.3.3.1 การทำมาร์ซิแพน (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ง2)

3.3.3.1.1 การเตรียมน้ำตาลทรายบดละเอียด

ปั่นน้ำตาลทราย 200 กรัม ในโถปั่นของแห้งของเครื่องปั่นผสมอาหาร (food processer) ด้วยความเร็วสูงสุด นาน 2 นาที ร่อนน้ำตาลทรายบดละเอียดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 250 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.1.2 การเตรียมเมอแรงค์ไข่ขาว

ดีไข่ขาว 100 กรัม ด้วยเครื่องตีผสม ด้วยหัวตีแบบตะกร้อ ด้วยความเร็วสูงสุด นาน 5 นาทีจนตั้งยอดแข็ง

3.3.3.1.3 ขั้นตอนการทำมาร์ซิแพน

นำผงเมล็ดอัลมอนด์ บริษัท Herritage จำกัด มาทำเป็นมาร์ซิแพน โดยใช้ส่วนประกอบในตารางที่ 3.1 ร่อนผงเมล็ดอัลมอนด์ร่วมกับน้ำตาลทรายบดละเอียด และเติมเมอแรงค์ไข่ขาวลงในส่วนผสม และปั่นส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสม ที่ความเร็วระดับ 4 (ปานกลาง) นาน 5 นาที ด้วยหัวตี ใบไม้ จากนั้นตะล่อมส่วนผสมด้วยพายยางให้เข้ากันจนสามารถขึ้นรูปเป็นก้อน เก็บตัวอย่างมาร์ซิแพนในถุงพลาสติกในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ (แทนที่ผงเมล็ดอัลมอนด์ด้วย ผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคา)

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของมาร์ซิแพน

	น้ำหนัก (กรัม)
ผงเมล็ดอัลมอนด์	100
น้ำตาลทรายบดละเอียด	50
เมอแรงค์ไข่ขาว	30

ที่มา : ดัดแปลงจาก Griffith และ Linda (2003)

3.3.3.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแตงโมและผงถั่วดาวอินคา

ตัวอย่างมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ได้นำไปวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA -XT plus ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Bourne (2000) โดยตัวอย่างมาร์ซิแพนจะถูกนำมาปรับอุณหภูมิภายในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส จึงนำมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยเตรียมตัวอย่างมาร์ซิแพนขนาด 1 ลูกบาศก์นิ้ว ใช้หัววัดคือ P/35 (35 Dia cylinder aluminium) และตั้งสภาวะในการวัดคือ Pre-test speed เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร/วินาที Test speed เท่ากับ 5.0 มิลลิเมตร/วินาที และ Post speed เท่ากับ 5.0 มิลลิเมตร/วินาที โดยค่าที่วิเคราะห์ได้แก่ ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) และค่าการเกาะตัว (cohesiveness) โดยใช้มาร์ซิแพนจาก

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผงเมล็ดอัลมอลด์ เป็นตัวอย่างควบคุม (control) เพื่อหาขนาดของอนุภาคของผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการทำมาร์ซิแพน ตัวอย่างมาร์ซิแพนจากการทดสอบจะนำมาเปรียบเทียบค่าเนื้อสัมผัสกับมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดอัลมอลด์ ตัวอย่างที่มีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดอัลมอลด์ จะถูกเลือกเพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ก2.2)

3.3.3.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างมาร์ซิแพนที่ได้เลือกจากข้อ 3.3.3.2 มาทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมกับมาร์ซิแพนทางการค้า (บริษัท Schmidt จำกัด) โดยการวัดระดับความชอบ และความพอดีของผลิตภัณฑ์ เพื่อพิจารณาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคา และนำเอาค่าความพอดีที่ได้มาใช้ในการพัฒนาสูตรของมาร์ซิแพน โดยการประเมินระดับความชอบ ด้วยการให้คะแนนแบบ 9 points Hedonic scale กำหนดให้ 1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุดและ 9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด โดยค่าที่ประเมินได้แก่ ลักษณะปรากฏ (appearance) ความแข็ง (hardness) กลิ่น (odor) การเกาะตัว (cohesive) ความหวาน (sweet) และความชอบโดยรวม (overall-liking) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ข1) และทำการระดับความพอดี(รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ข2) กำหนดให้ น้อยไป คือ 1 คะแนน พอดี คือ 3 คะแนน และ มากไป คือ 5 คะแนน โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 20 คน

3.3.3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพน โดยมีตัวแปรต้น คือ ขนาดของอนุภาคของผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ 700, 630 และ 560 นาโนเมตร ตัวแปรตาม คือ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าการเกาะตัว ของมาร์ซิแพน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์(Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 21)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ชิแพน ในข้อ 3.3.3.3 โดยวางแผนการทดลองแบบการวางแผนแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และวิเคราะห์การทดสอบความพอดี (Just about right, JAR) โดยวิธี binomial test วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที ระดับความเชื่อมันร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 21)

นำผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและการประเมินทางประสาทสัมผัสมาใช้ในการเลือกชนิดของเมล็ดพืชน้ำมันที่เหมาะสม (เมล็ดแตงโม หรือ เมล็ดถั่วดาวอินคา) และขนาดอนุภาคผงของเมล็ดที่เลือกที่เหมาะสมสำหรับการทดแทนผงเมล็ดอัลมอนต์ในการทำมาร์ชิแพน

3.4 การปรับปรุงคุณภาพมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมหรือเมล็ดถั่วดาวอินคา

3.4.1 การปรับปรุงสูตรของมาร์ชิแพน

นำผงเมล็ดที่เลือกและขนาดอนุภาคของผงดามที่เลือกจากข้อ 3.3 มาทำมาร์ชิแพนโดยมีอัตราส่วนของผงเมล็ดพืช (X_1) ร้อยละ 50-60 น้ำตาลทรายบดละเอียด(X_2) ร้อยละ 20-30 และเมอแรงค์ไข่ขาว (X_3) ร้อยละ 10-20 โดย $X_1 + X_2 + X3 = 100$ โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central composition design, CCD) ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และมีการนำเสนอข้อมูลแบบส่วนผสม (Mixture design) โดยใช้โปรแกรม Design Expert (7.0.0)

ในการประมวลผลข้อมูล สิ่งทดลองทั้งหมดจากการทดลอง ในตารางที่ 3.2 จะถูกนำมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

3.4.1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.4.1.1.1 ค่าความชื้น (Moisture content)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.1

3.4.1.1.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, Aw)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.2

3.4.1.1.3 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ชิแพน

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การวางแผนการทดลองแบบ Central composition design (CCD)

ลำดับ	ผงเมล็ดพืชน้ำมัน (กรัม)	น้ำตาลทรายบดละเอียด (กรัม)	เมอร์แรงค์ (กรัม)
1	56.66	26.67	16.67
2	60.00	25.98	14.02
3	56.66	26.67	16.67
4	60.00	20.00	20.00
5	55.13	30.00	14.87
6	50.00	30.00	20.00
7	60.00	20.00	20.00
8	60.00	30.00	10.00
9	60.00	30.00	10.00
10	55.17	24.83	20.00
11	56.66	26.67	16.67
12	51.74	30.00	18.26
13	55.13	30.00	14.87
14	57.77	22.23	20.00
15	50.00	30.00	20.00
16	58.76	23.61	17.63
17	60.00	25.98	14.02
18	56.67	26.67	16.67
19	56.68	26.79	16.53
20	53.45	28.23	18.32

3.4.1.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างมาร์ชิแพนถูกนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการวัดระดับความชอบ ด้วยการให้คะแนนแบบ 9 points Hedonic scale กำหนดให้ 1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุดและ 9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด โดยค่าที่ประเมินได้แก่ ลักษณะปรากฏ (appearance) ความแข็ง (hardness) กลิ่น (odor) การเกาะตัว (cohesiveness) ความหวาน (sweet) และความชอบโดยรวม (overall-liking) โดยใช้ผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์ในการใช้ผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพน 20 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลจากข้อ 3.4.1.1 และ 3.4.1.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 21) ข้อมูลที่ได้จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติจะนำไปสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการแบบส่วนผสม (Mixture design) เพื่อหาสมการถดถอย (regression) ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพกับปัจจัยที่ทำการศึกษา จากนั้นทำการกำหนดค่าคุณภาพของมาร์ชิแพนเพื่อนำมาแทนค่าในสมการ โดยมี ค่าความแข็ง (hardness) สูงสุด ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) ต่ำสุด และค่าการเกาะตัว (cohesiveness) สูงสุด และมีคะแนนการประเมินความชอบแต่ละคุณลักษณะมากกว่า 6 คะแนน เพื่อหาอัตราส่วนของสูตร (ปริมาณผงเมล็ดพืชน้ำมัน น้ำตาลทรายบดละเอียด และเมอแรงค์) ที่เหมาะสมของมาร์ชิแพนจากเมล็ดพืชน้ำมันทดแทน และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาปรับปรุงคุณภาพในขั้นตอนต่อไป

3.4.2 การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของมาร์ชิแพนที่มีการทดแทนด้วยเมล็ดแตงโมหรือเมล็ดถั่วดาวอินคา

สูตรมาร์ชิแพนที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.4.1 จะนำมาปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสด้วยไฮโดรคอลลอยด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ ไฮโดรคอลลอยด์ 1 (ร้อยละ 0.75, 1.25 และ 1.75) ไฮโดรคอลลอยด์ 2 (ร้อยละ 0.1, 0.15 และ 0.2) ไฮโดรคอลลอยด์ 3 (ร้อยละ 0.01, 0.015 และ 0.02) และไฮโดรคอลลอยด์ 4 (ร้อยละ 0.1, 0.15 และ 0.2) ตัวอย่างมาร์ชิแพนที่ได้จะนำมาทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

3.4.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.4.2.1.1 ค่าความชื้น (Moisture content)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.1

3.4.2.1.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, Aw)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.1.3 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ชิแพน

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.3.2

3.4.2.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.4.1.2

3.4.2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางกายภาพ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์(Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 21)

วิเคราะห์ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวางแผนการทดลองแบบการวางแผนแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 21)

เลือกมาร์ชิแพนโดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ด้านค่าเนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง และค่าการเกาะตัวเพิ่มขึ้น และค่าการเกาะพื้นผิวลดลง) ร่วมกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนจากเมล็ดพืชน้ำมันทดแทน

นำตัวอย่างมาร์ชิแพนที่ผ่านการปรับปรุงสูตรและเนื้อสัมผัสตามข้อที่ 3.4 มาศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ และศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ด้วยการเร่งสภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สภาวะจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมาร์ชิแพน โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกับมาร์ชิแพนทางการค้า (บริษัท Schmidt จำกัด) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรด ตามวิธีของ AOAC (2000) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวกที่ ก1.2.2, ก1.3-ก1.7)

3.5.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษา

ทำการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยบรรจุตัวอย่างในถุงพลาสติก PE เก็บในสภาวะที่มีอากาศถ่ายเท และไม่โดยแสงอาทิตย์ โดยเก็บในสภาวะจริง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตู้เย็น) และการเร่งสภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในตู้บ่ม ทำการสุ่มตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 0 ของการเก็บรักษาและทุก ๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ระหว่างการเก็บรักษาเพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

3.5.2.1 การวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value)

นำตัวอย่างมาร์ชิแพนมาวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ด้วยวิธีการไทเทรต (Titration method) ตามวิธีของ AOAC (2000) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก1.8)

3.5.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.5.2.2.1 ค่าความชื้น (Moisture content)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.1

3.5.2.2.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, Aw)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.2

3.5.2.2.3 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ชิแพน

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.3 การวิเคราะห์จุลินทรีย์

3.5.1.4.1 วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี (total plate count, TPC) (AOAC, 2000) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ก3.1)

3.5.1.4.2 วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold) (AOAC, 2000) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ก3.2)

3.5.1.4 การประเมินทางประสาทสัมผัส

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.4.1.2

3.5.2 การคำนวณอายุการเก็บรักษา

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์และคุณสมบัติทางกายภาพของมาร์ซิแพนที่เก็บรักษาในสภาวะจริงและสภาวะเร่ง จะถูกนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพในการคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน โดยใช้สมการของอาร์รีเนียส (Arrhenius's equation) (รายละเอียดแสดงในตารางที่ ก1.1 และ ก1.2)

3.5.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลการวิเคราะห์ต่างๆ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 21)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนด์ เมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนด์ เมล็ตแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาดิบ กะเทาะเปลือก โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรด ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนด์ เมล็ดแตงโม และเมล็ดถั่วดาวอินคา

องค์ประกอบทางเคมี	เมล็ตอัลมอนด์	เมล็ดแตงโม	เมล็ดถั่วดาวอินคา
ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)	5.20 ± 0.05	4.76 ± 0.09	3.33 ± 0.07
โปรตีน (ร้อยละ)	23.68 ± 0.07	27.59 ± 0.05	24.42 ± 0.07
ไขมัน (ร้อยละ)	45.21 ± 0.01	40.99 ± 0.01	43.36 ± 0.01
เถ้า (ร้อยละ)	5.82 ± 0.04	2.86 ± 0.01	4.08 ± 0.02
เส้นใย (ร้อยละ)	4.53 ± 0.01	4.67 ± 0.01	5.38 ± 0.02
คาร์โบไฮเดรด (ร้อยละ)	19.60 ± 0.02	23.90 ± 0.05	22.75 ± 0.09

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนด์ เมล็ดแตงโม และเมล็ดถั่วดาวอินคา พบว่า เมล็ดแตงโมมีปริมาณของ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 24.42, 43.36 และ 22.75 ตามลำดับ และเมล็ดถั่วดาวอินคามีปริมาณของ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 27.59, 40.99 และ 23.90 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเมล็ดพืชทั้ง 2 ชนิด กับเมล็ดอัลมอนด์ที่มีปริมาณของ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 23.68, 45.21 และ 19.60 ตามลำดับ ซึ่งมีความใกล้เคียงกับปริมาณที่พบในเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา แต่เมื่อพิจารณาปริมาณเถ้าของเมล็ดพืชทั้งสามชนิด พบว่า ปริมาณเถ้าของเมล็ดอัลมอนด์มีปริมาณสูงกว่าปริมาณเถ้าของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคามาก อาจเนื่องจากเมล็ดอัลมอนด์มีปริมาณของแร่ธาตุในเมล็ดอยู่ในปริมาณมาก เช่น แคลเซียม (390-1300 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ฟอสฟอรัส (360-1050 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) และโพแทสเซียม (430-930 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Yada, Lepsley และ Huang ,2011) โดยจากผลวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต แสดงถึงความน่าจะเป็นในการนำเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคามาทดแทนเมล็ดอัลมอนด์ในการทำมาร์ซิแพนได้

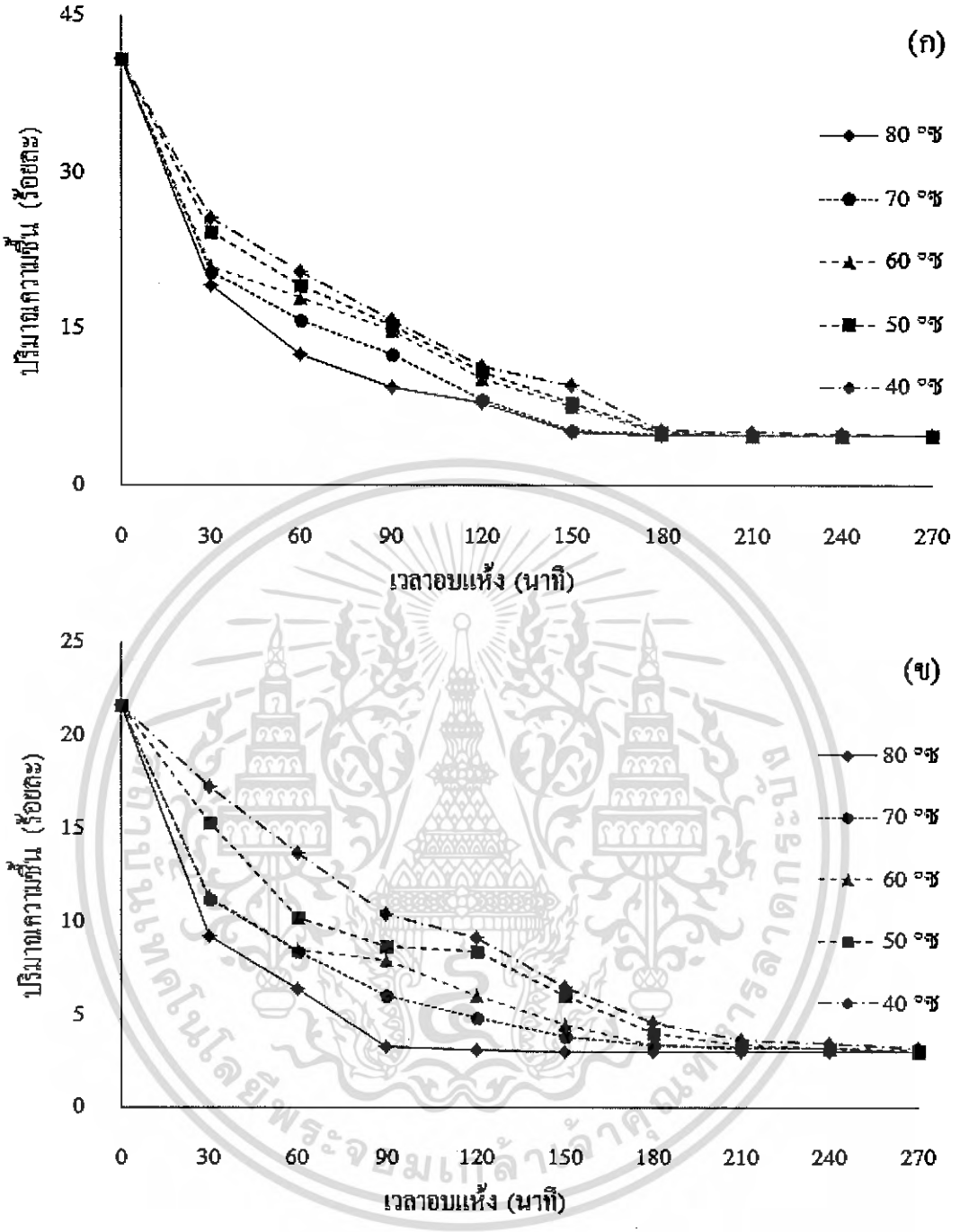
4.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

เมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ผ่านการต้มและสะเด็ดน้ำ (ขั้นตอนการเตรียมเมล็ด) นำมาอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 - 80 องศาเซลเซียส นาน 0 - 270 นาที โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity, Aw) และค่าสี (L*, a*, b*) ของเมล็ดทั้ง 2 ชนิดในระหว่างการอบแห้งจะแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในภาพที่ 4.1-4.6

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาระหว่างการอบแห้ง

ศึกษาปริมาณความชื้นของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาว โดยทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวในระหว่างการอบแห้งทุก 30 นาที (0-270 นาที) นำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น Halogen Moisture Analyzer และแสดงผลในภาพที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น(ร้อยละ)
และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)

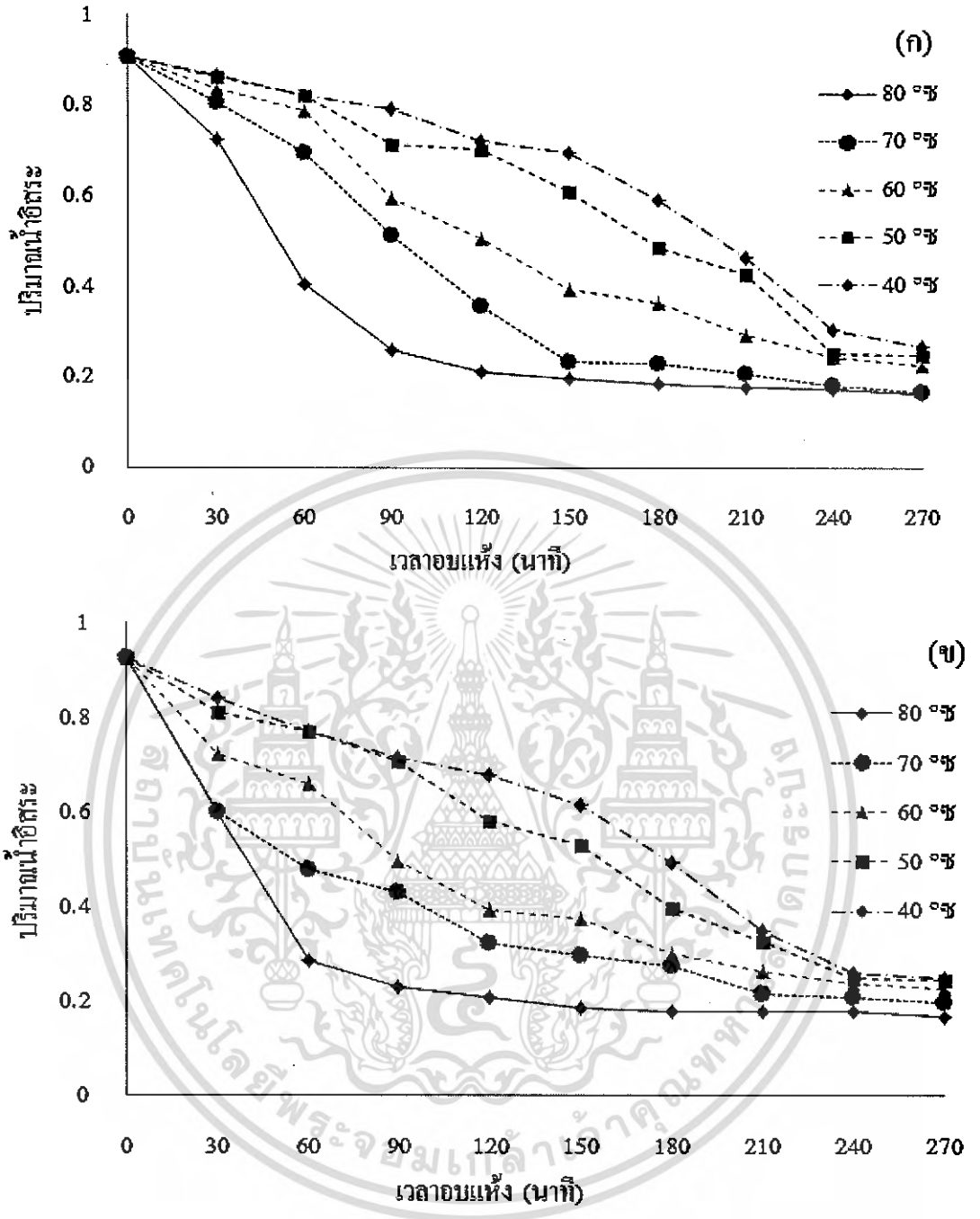
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณความชื้นของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 90 นาทีแรกของการอบแห้งเมล็ดแตงโม(ภาพที่ 4.1ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ภาพที่ 4.1ข) และค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่องจนเข้าสู่สภาวะคงที่ การอบแห้งที่อุณหภูมิที่สูงมีผลทำให้ปริมาณความชื้นของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคามีอัตราการลดลงอย่างรวดเร็วกว่าเมื่อเทียบกับการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้น้ำในตัวอย่างสามารถระเหยออกมาได้เร็วกว่า โดยปริมาณความชื้นของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาจะเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ เมื่อผ่านระยะเวลาในการอบแห้ง 180 และ 240 นาที ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นระหว่าการอบแห้งในนาทีที่ 30 และ 60 จะเห็นได้ว่าเมล็ดถั่วดาวอินคานั้นมีอัตราการระเหยของน้ำที่ต่ำกว่าเมล็ดแตงโม เมื่อพิจารณาจากปริมาณเส้นใยของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา (ตารางที่ 4.1) เส้นใยของเมล็ดแตงโมนั้นมีปริมาณที่น้อยกว่าเมล็ดถั่วดาวอินคา คือ 4.67 และ 5.38 ตามลำดับ ปริมาณเส้นใยที่มากกว่าของเมล็ดถั่วดาวอินคาอาจมีผลต่ออัตราการลดลงของปริมาณความชื้นในการอบแห้ง เนื่องจากเส้นใยอาหารมีองค์ประกอบของโพลีแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่ไฮดรอกซีอิสระจำนวนมากที่สามารถสร้างพันธะกับไฮโดรเจนของน้ำได้ ทำให้มีความสามารถในการเก็บกักน้ำไว้ภายในโครงสร้างของอาหาร ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอาหาร (Water Holding Capacity) ปริมาณเส้นใยที่ต่างกันจึงมีผลทำให้อัตราการการอบแห้งของอาหารแตกต่างกัน (Jongaroontaprangsee และคณะ, 2007; Westenbrink และคณะ, 2013) ทำให้ปริมาณความชื้นของเมล็ดถั่วดาวอินคามีอัตราการลดลงและเข้าสู่สภาวะคงที่ช้ากว่าเมล็ดแตงโมอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาในการอบเดียวกัน

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระในอาหารของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาระหว่างการอบแห้ง

ศึกษาปริมาณน้ำอิสระของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาว โดยทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวในระหว่างการอบแห้งทุก 30 นาที (0-270 นาที) นำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ และแสดงผลในภาพที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระในอาหาร
และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)

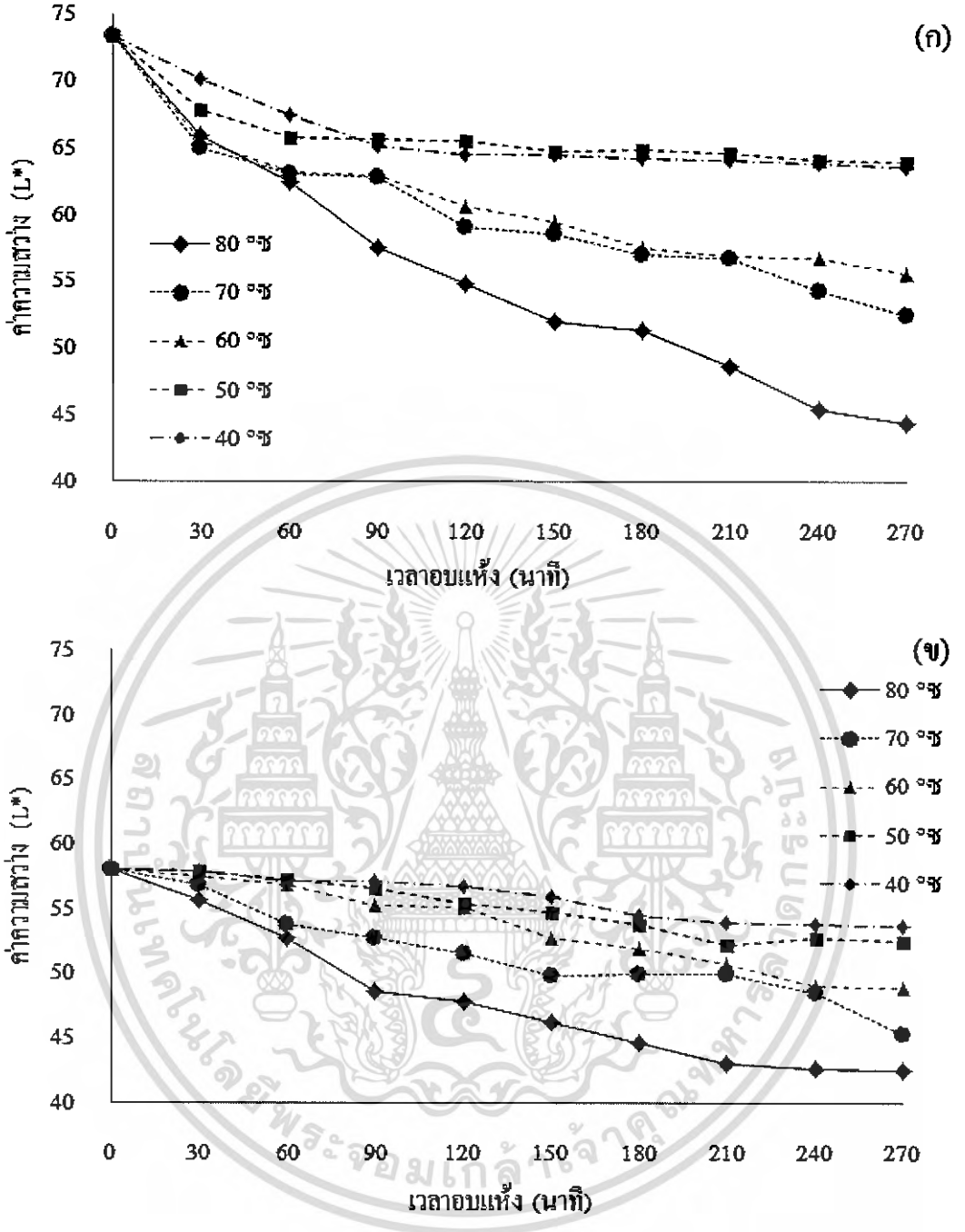
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดแตงโม (ภาพที่ 4.2ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ภาพที่ 4.2ข) ซึ่งมีอัตราการลดลงอย่างต่อเนื่องในรูปแบบที่คล้ายคลึงกันทั้งในเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลง ที่อุณหภูมิ 80 องซาเซลเซียสมีผลต่อการลดลงของปริมาณน้ำอิสระมากที่สุด โดยปริมาณน้ำอิสระของเมล็ดแตงโมลดลงจาก 0.91 เป็น 0.26 และปริมาณน้ำอิสระของเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลงจาก 0.92 เป็น 0.23 ในเวลา 90 และ 60 นาทีแรกของการอบแห้ง ตามลำดับ และเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ ในขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องซาเซลเซียสมีผลทำให้ปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลงช้าๆ อย่างต่อเนื่องและเข้าสู่สภาวะคงในเวลาอบแห้ง 240 นาที จากผลการทดลองแสดงอัตราการลดลงของปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง เช่นเดียวกับการทดลองของ Aktas และ Polat (2007) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปริมาณน้ำอิสระของถั่วพิสทาชิโออบแห้งแบบลมร้อนที่ 40-60 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราการลดลงของปริมาณน้ำอิสระในถั่วพิสทาชิโอจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง (dehydration) มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของน้ำอิสระในอาหาร การใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้งจึงทำให้ปริมาณน้ำอิสระในอาหารลดลงได้เร็วกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (Barbosa และคณะ, 2008) ดังนั้นการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจึงมีผลทำให้ปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลงอย่างรวดเร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

4.2.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาระหว่างการอบแห้ง

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาว โดยทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวในระหว่างการอบแห้งทุก 30 นาที (0-270 นาที) นำมาวิเคราะห์ค่าสี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสีแสดงผลในภาพที่ 4.3-4.5 และนำค่าสีที่ได้มาคำนวณค่าดัชนีสีน้ำตาล (Browning Index) แสดงผลในภาพที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

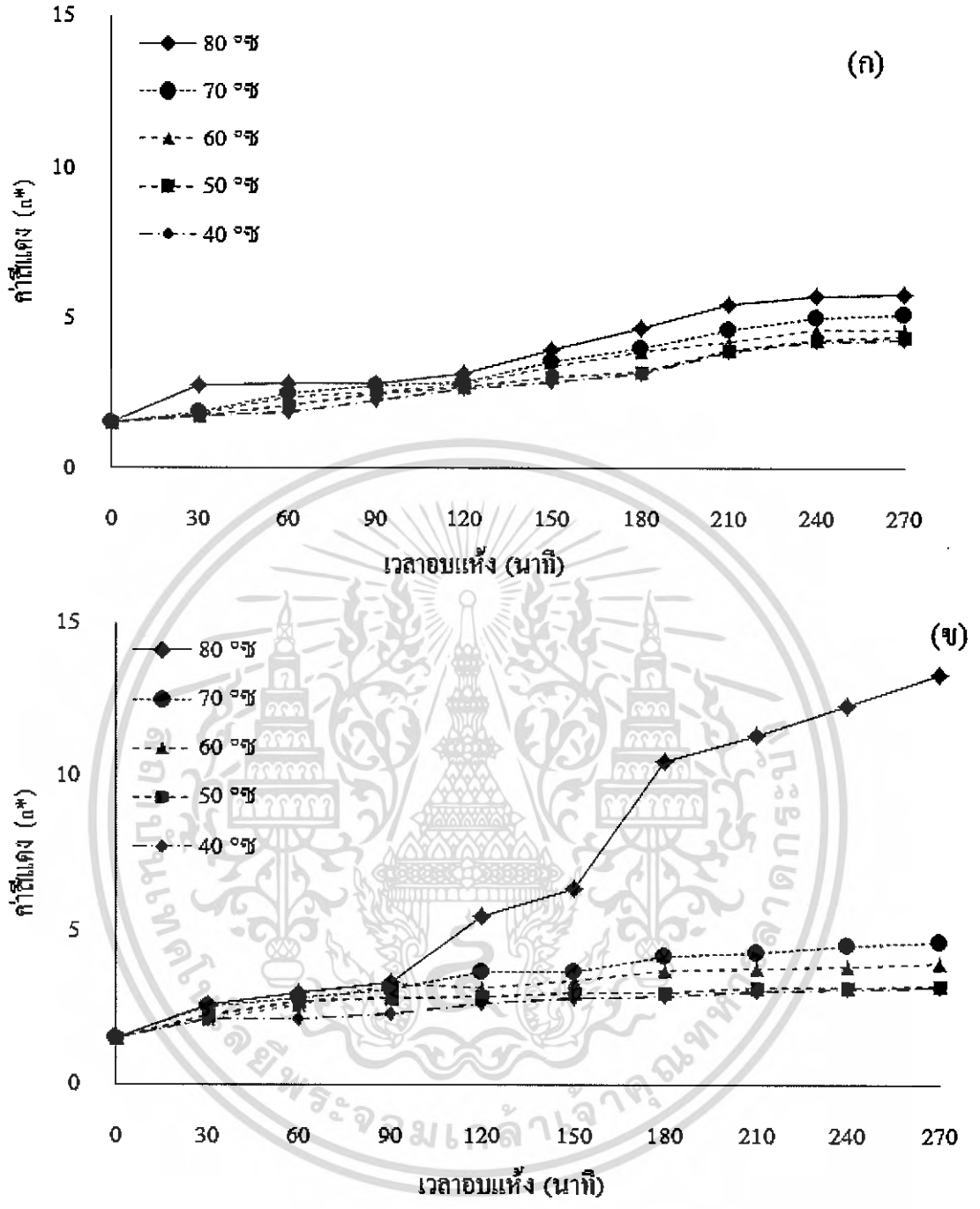


ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

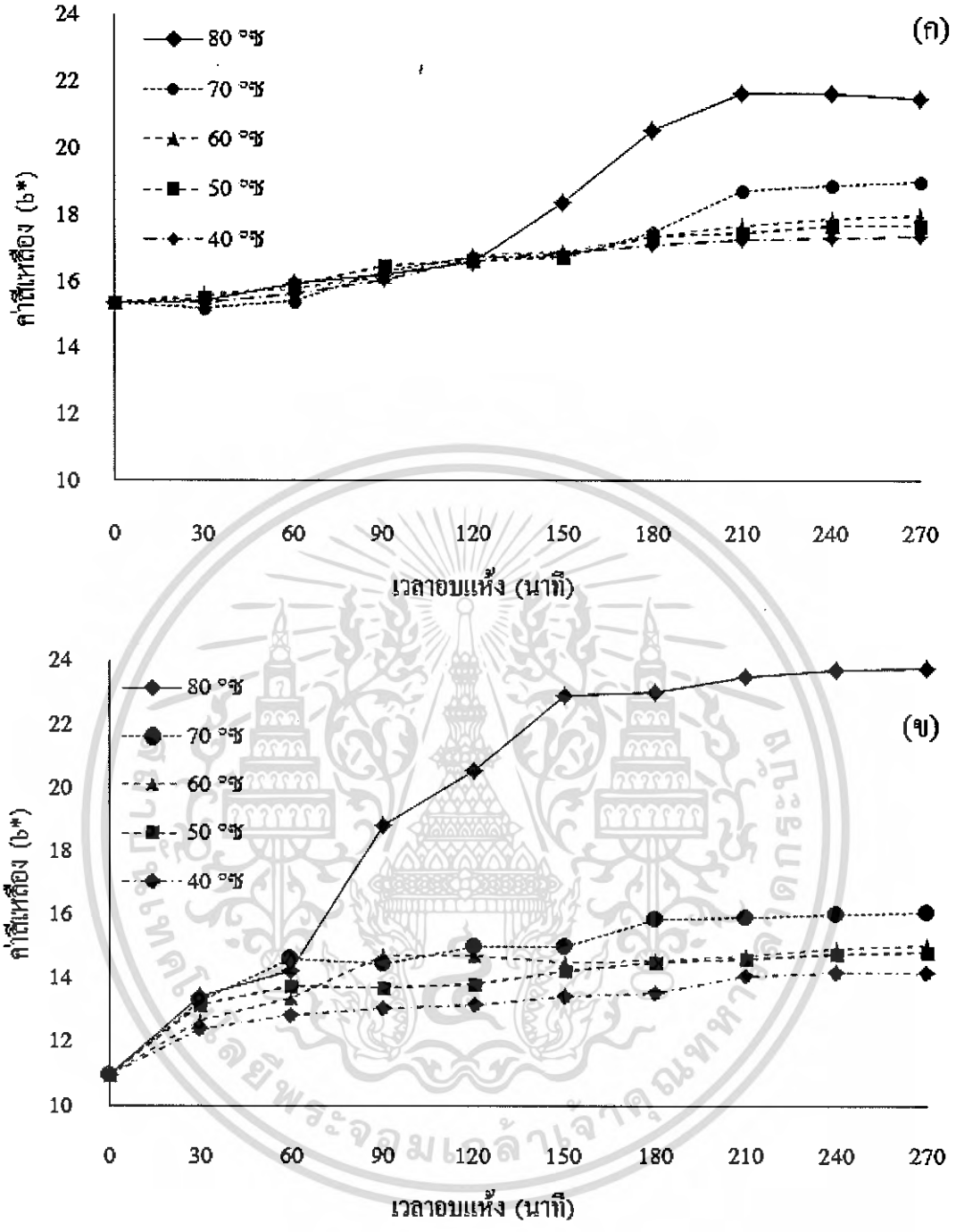
ภาพที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L-value) ในระหว่างการอบแห้งเมล็ดแตงโม (ภาพที่ 4.3ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ภาพที่ 4.3ข) พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลทำให้ค่าความสว่างของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลง การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างมากที่สุด คือเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคามีค่าความสว่างลดลงจากเวลาอบแห้งที่ 0 ถึง 270 นาที ลดลงจาก 73.35 เป็น 44.33 และ 58.01 เป็น 42.54 ตามลำดับ ในขณะที่การอบแห้งเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างน้อยที่สุดจากเวลาอบแห้งที่ 0 ถึง 270 นาที จาก 73.35 เป็น 63.65 และ 58.01 เป็น 53.74 ตามลำดับ จากรูปที่ 4.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งซึ่งมีผลต่อการลดลงของค่าความสว่างของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา โดยผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับ Moss และ Otten (1989) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของถั่วลิสงในระหว่างการคั่วอบแห้งที่อุณหภูมิจาก 157-171 องซาเซลเซียส นาน 2-20 นาที พบว่าค่าความสว่างของถั่วลิสงคั่วอบแห้งมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง และ Lopez และคณะ (1997) ซึ่งศึกษาการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในถั่วเฮเซลนัทอบแห้งที่อุณหภูมิ 30-80 องซาเซลเซียส พบว่าค่าความสว่างของถั่วเฮเซลนัทมีค่าลดลงเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง โดยค่าความสว่างที่ลดลงมีผลจากการเพิ่มขึ้นของรงควัตถุสีน้ำตาลในระหว่างการอบแห้ง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหารที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ต เนื่องจากมีน้ำตาลและกรดอะมิโนหรือโปรตีนในเมล็ดพืชเป็นสารตั้งต้น โดยองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันอาจมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเมล็ดพืช (Jongaroontaprangsee และคณะ, 2007; Huang, 2014) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาพบว่าเมล็ดแตงโมมีการเปลี่ยนค่าความสว่างของเมล็ดมากกว่าเมล็ดถั่วดาวอินคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

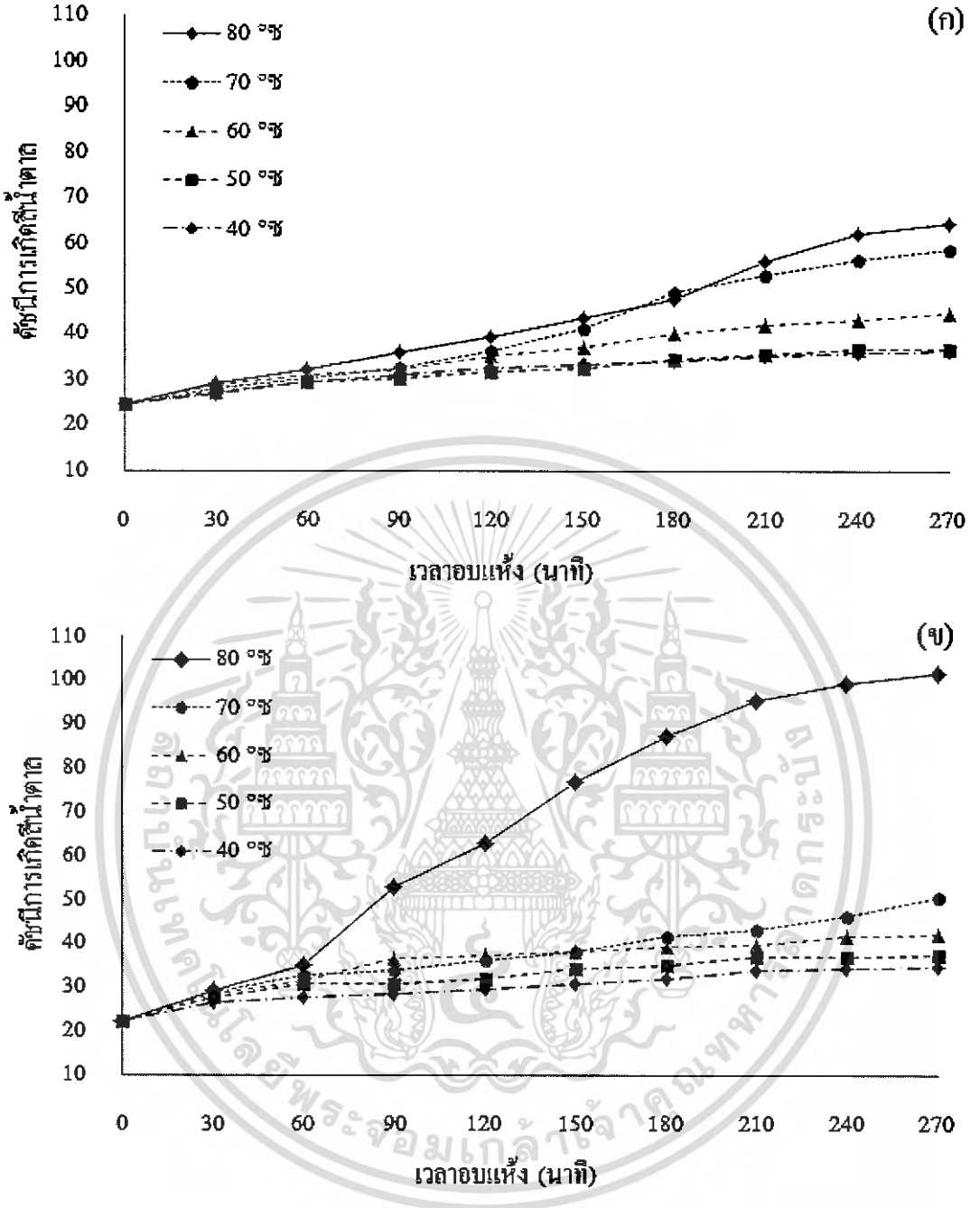


ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลือง (b*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแตงโม (ก) และเมล็ดถั่วตาวอินคา (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a-value) และภาพที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b-value) ในระหว่างการอบแห้งเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา พบว่าค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคามีค่าสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้ง โดยการอบแห้งเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่อุณหภูมิ 80 องซาเซลเซียส ที่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงและค่าสีเหลืองในเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคามากที่สุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นมีผลไปในทิศทางเดียวกับถั่วเฮเซลนัท (Lopez และคณะ, 2007) และเม็ดบัว (Zeng, 2007) ซึ่งศึกษาการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเมล็ดพืชมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง โดยการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงและค่าสีเหลืองนั้นเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวของกับเอนไซม์ นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่าสีแดงยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่สามารถบ่งชี้การเกิดสีน้ำตาลในอาหารอีกด้วย (Kahyaoglu และ Kara, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index, BI) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแคงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีสีน้ำตาล (BI) ในระหว่างการอบแห้งเมล็ดแตงโม (ภาพที่ 4.6ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ภาพที่ 4.6ข) พบว่า ค่าดัชนีสีน้ำตาลในเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง โดยค่าสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นมีผลสัมพันธ์กับการลดลงของค่าความสว่าง (ภาพที่ 4.3) และการเพิ่มขึ้นของค่าสีแดงและเหลืองของเมล็ดพืชทั้ง 2 ชนิด (ภาพที่ 4.4 และ 4.5) การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (40-50 องศาเซลเซียส) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีสีน้ำตาลเพียงเล็กน้อย แต่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีสีน้ำตาลอย่างมาก คือ เมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคามีค่าดัชนีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นจาก 24.49 เป็น 64.31 และ 22.38 เป็น 101.56 ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าสีน้ำตาลของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา มีผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกับการอบแห้งถั่วเฮเซลนัท (Lopez และคณะ, 2007) และเม็ดบัว (Zeng, 2007) ที่ใช้การอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส และงาดั่วอบ (Kahyaoglu และ Kara, 2006) ที่ดั่วอบแห้งที่ (120-180 องศาเซลเซียส) พบว่า ค่าสีน้ำตาลของเมล็ดพืชมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีสีน้ำตาลอาจมีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณน้ำอิสระในระหว่างการอบแห้ง โดยเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีสีน้ำตาล (ภาพที่ 4.6) และอัตราการลดลงของปริมาณน้ำอิสระ (ภาพที่ 4.2) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าดัชนีสีน้ำตาลของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณน้ำอิสระของเมล็ดพืชทั้ง 2 ชนิดลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการลดลงของปริมาณน้ำอิสระในอาหารเป็นปัจจัยเร่งในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในอาหาร เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด สามารถเกิดขึ้นในอาหารที่มีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.2-0.8 (Fennema, 1996; Ozdemir และ Devres, 2000)

จากภาพที่ 4.1-4.6 แสดงผลของสภาวะการอบแห้งที่มีผลต่อเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้งในด้านต่างๆ ทำให้สามารถใช้ค่าการวิเคราะห์ที่กล่าวมาในการคัดเลือกสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของการอบแห้งเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา โดยใช้ปัจจัยทางเคมีและกายภาพร่วมกัน โดยสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาโดยเลือกจากสภาวะการอบแห้งที่ให้ผลของปริมาณความชื้นของเมล็ดอบแห้งน้อยกว่า ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง (Akinoso, 2002) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร น้อยกว่า 0.6 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าดัชนีสีน้ำตาลของเมล็ดอบแห้งเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้น (0 นาที) น้อยที่สุด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของสีน้ำตาลของผงเมล็ดพืชน้ำมันจะส่งผลของสีของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน จากข้อกำหนดที่กล่าวมา สภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเมล็ดแดงโมคืออุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 210 นาที โดยมีค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เท่ากับ 4.48 และ 0.43 และมีค่าดัชนีสีน้ำตาล เท่ากับ 35.44 (ค่าเริ่มต้นคือ 24.49) และสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเมล็ดถั่วดาวอินคาคืออุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที มีความเหมาะสมที่สุด โดยมีค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เท่ากับ 4.60 และ 0.49 และมีค่าดัชนีสีน้ำตาล เท่ากับ 31.97 (ค่าเริ่มต้นคือ 23.38) สภาวะการอบแห้งที่เลือกนี้จะนำไปใช้ในการเตรียมเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่จะนำมาทำเป็นผงเพื่อศึกษาผลของอนุภาคที่เหมาะสมในการทำเป็นผงเพื่อใช้ในการทำมาร์ซิแพนต่อไป

4.3 ผลการศึกษาขนาดของอนุภาคของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการทำเป็นผงเพื่อใช้ในการทำมาร์ซิแพน

เมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวที่ผ่านการอบแบบลมร้อนด้วยสภาวะที่เลือกจากข้อ 4.2 นำมาลดขนาดด้วยเครื่องปั่นผสม (food processer) ร่อนเพื่อแยกขนาดอนุภาคของผงด้วยเครื่องร่อน โดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 700, 630 และ 560 ไมโครเมตรตามลำดับ นำผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ได้มาใช้ในการทำมาร์ซิแพนแล้วทำการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.3.1 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแตงโมและผงถั่วดาวอินคาแต่ละขนาดอนุภาค

ผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีขนาดอนุภาคต่างกันถูกนำมาทำมาร์ซิแพนและทำการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพนด้วยการวิเคราะห์ Texture Profile Analysis (TPA) ทางด้านความแข็ง (hardness) การเกาะพื้นผิว (adhesiveness) และการเกาะตัว (cohesiveness) แสดงผลในตารางที่ 4.2 พบว่า การลดขนาดของผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคามีผลทำให้ค่าความแข็ง และค่าการเกาะตัวของมาร์ซิแพนทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ค่าการเกาะพื้นผิวของมาร์ซิแพนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 560 ไมโครเมตร มีค่าความแข็งเท่ากับ 40.05 และ 40.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิวตัน มีค่าการเกาะพื้นผิว เท่ากับ 2.78 และ 2.84 นิวตัน.วินาที และมีค่าการเกาะตัว เท่ากับ 0.297 และ 0.270 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับมาร์ชิแพนจากผงเมล็ดอัลมอนด์ (ตัวอย่างควบคุม) คือ ค่าความแข็ง 41.57 นิวตัน ค่าการเกาะพื้นผิว 2.84 นิวตัน.วินาที และค่าการเกาะตัว เท่ากับ 0.287 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีลักษณะที่สอดคล้องกับผลการทดลองในผลิตภัณฑ์เพสอื่นๆ เช่น ถั่วแดงกวน (Baik และ Czuchajowska, 1999) แป้งเผือกกวน (Njintang และคณะ, 2007) และ molten dark chocolate (Afoakwa และคณะ, 2008) ซึ่งศึกษาผลของขนาดอนุภาคต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสอาหาร พบว่า ขนาดอนุภาคของผงที่เล็กลงมีผลทำให้ค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวของอาหารมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าการเกาะพื้นผิวของอาหารมีค่าลดลง เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดเล็กมีผลต่อการกระจายตัวและจัดเรียงโครงสร้างของอาหารได้มากกว่าทำให้มีการเกาะตัวของโครงสร้างที่หนาแน่นกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ จึงทำให้ค่าความแข็งและค่าการเกาะดัวของอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อลดขนาดของอนุภาคของอาหารลง (Sun, 2015) และขนาดอนุภาคที่เล็กกว่ายังมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีกว่าอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ (Ahmed, 2016) ซึ่งอาจทำให้มาร์ชิแพนจากผงเมล็ดพืชที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่านั้นสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า ทำให้มาร์ชิแพนที่ได้มีค่าการเกาะพื้นผิวลดลง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่า ค่าเนื้อสัมผัสของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวที่มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 560 ไมโครเมตร มีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับมาร์ชิแพนจากผงเมล็ดอัลมอนด์ทางการค้ามากที่สุด จึงนำผงเมล็ดของพืชทั้ง 2 ชนิดที่ขนาดอนุภาคน้อยกว่า 560 ไมโครเมตร มาทำการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาแต่ละขนาดอนุภาค

ขนาดอนุภาค (ไมโครเมตร)	มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม			มาร์ซิแพนจากเมล็ดถั่วดาวอินคา		
	ค่าความแข็ง (hardness) (นิวตัน)	ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) (นิวตัน.วินาที)	ค่าการเกาะตัว (cohesiveness)	ค่าความแข็ง (hardness) (นิวตัน)	ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) (นิวตัน.วินาที)	ค่าการเกาะตัว (cohesiveness)
มาร์ซิแพนทางการค้า	$71.32^{c} \pm 0.05$	$2.72^{a} \pm 0.04$	$0.323^{d} \pm 0.002$	$71.32^{c} \pm 0.05$	$2.72^{a} \pm 0.04$	$0.323^{d} \pm 0.002$
มาร์ซิแพนผงอัลมอนด์	$41.57^{b} \pm 0.03$	$2.84^{b} \pm 0.03$	$0.287^{c} \pm 0.004$	$41.57^{b} \pm 0.03$	$2.84^{b} \pm 0.03$	$0.287^{c} \pm 0.004$
630 – 700	$35.65^{a} \pm 0.12$	$3.43^{d} \pm 0.04$	$0.086^{a} \pm 0.005$	$36.63^{a} \pm 0.02$	$3.54^{d} \pm 0.03$	$0.088^{a} \pm 0.002$
560 – 630	$36.82^{a} \pm 0.02$	$3.20^{c} \pm 0.01$	$0.226^{b} \pm 0.007$	$36.82^{a} \pm 0.02$	$3.19^{c} \pm 0.01$	$0.206^{b} \pm 0.003$
<560	$40.05^{b} \pm 0.02$	$2.73^{a} \pm 0.02$	$0.297^{c} \pm 0.001$	$40.28^{b} \pm 0.07$	$2.84^{a} \pm 0.01$	$0.270^{c} \pm 0.004$

[a] Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.3.2 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

จากผลในข้อ 4.3.1 มาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 560 ไมครอน ได้รับเลือกมาใช้ในการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) เพื่อเลือกเมล็ดพืชน้ำมันที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน แล้วทดสอบระดับความพอดี (Just About Right หรือ JAR 3 points) ของมาร์ซิแพนตามลำดับ โดยมีมาร์ซิแพนทางการค้า (บริษัท Schmidt จำกัด) เป็นตัวอย่างควบคุม ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.3 และผลการประเมินระดับความพอดีแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

ชนิดของมาร์ซิแพน	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นถั่ว	ความแข็ง^{ns}	การเกาะตัว^{ns}	ความหวาน^{ns}	ความชอบโดยรวม
เมล็ดแตงโม	$7.45^{b} \pm 1.00$	$5.95^{b} \pm 0.82$	4.20 ± 0.52	5.15 ± 0.86	4.30 ± 1.21	$5.60^{b} \pm 0.75$
เมล็ดถั่วดาวอินคา	$7.00^{a} \pm 0.86$	$1.45^{a} \pm 0.69$	4.15 ± 0.49	5.15 ± 1.04	4.25 ± 1.12	$4.20^{a} \pm 0.62$

^{a} Mean $\pm$ SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา พบว่า มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคามีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏเท่ากับ 7.45 และ 7.00 ด้านกลิ่นถั่วเท่ากับ 5.95 และ 1.45 และความชอบโดยรวม เท่ากับ 5.60 และ 4.20 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของคะแนนความชอบด้านความแข็ง ด้านการเกาะตัว และด้านความหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและด้านกลิ่นถั่วมีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของมาร์ซิแพน โดยมาร์ซิแพนเมล็ดแดงโมมีคะแนนสูงกว่ามาร์ซิแพนถั่วดาวอินคาซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างทางกายภาพและเคมีของเมล็ดพืชทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นจากผลคะแนนจากการทดสอบประสาทสัมผัสจึงเลือกเมล็ดแตงโมมาใช้ทดแทนอัลมอนด์ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนและนำไปทดสอบประเมินระดับความพอดีของมาร์ซิแพนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินระดับความพอดี (3 points Just About Right : JAR) ของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเปรียบเทียบกับมาร์ชิแพนทางการค้า (n=20)

คุณลักษณะ	ระดับความพอดี (ร้อยละ)		
	น้อยไป	พอดี	มากไป
ลักษณะปรากฏ	5	95	-
กลิ่นถั่ว	5	95	-
ความแข็ง	100	-	-
การเกาะตัว	70	30	-
ความหวาน	-	5	95

การประเมินระดับความพอดีเป็นการศึกษาแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโม ผลการวิเคราะห์ที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนโดยการทดสอบระดับความพอดีของผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้เกณฑ์ของการยอมรับความพอดีที่ร้อยละ 75 (Lawless และ Heymann, 1998) โดยจากการประเมินระดับความพอดี (ตารางที่ 4.4) พบว่า ผู้ทำการทดสอบร้อยละ 95 ให้คะแนนลักษณะปรากฏและกลิ่นถั่วของมาร์ชิแพนเมล็ดแตงโมอยู่ในระดับที่พอดี ในขณะผู้ทำการทดสอบร้อยละ 5 ให้คะแนนลักษณะปรากฏและกลิ่นถั่วของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมในระดับความพอดี "น้อยไป" เนื่องจากสีของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมมีสีเข้มกว่ามาร์ชิแพนทางการค้า และมีกลิ่นถั่วน้อยกว่ามาร์ชิแพนทางการค้า (ภาคผนวกภาพที่ ง2.1) นอกจากนี้ผู้ทำการทดสอบทั้งหมดให้คะแนนด้านความแข็งในระดับความพอดี "น้อยไป" นอกจากนี้ผู้ทำการทดสอบร้อยละ 70 ให้คะแนนด้านการเกาะตัวของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมในระดับความพอดี "น้อยไป" และผู้ทำการทดสอบร้อยละ 95 ให้คะแนนด้านความหวานของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมในระดับความพอดี "มากไป" ซึ่งจากผลการทดสอบระดับความพอดีที่ได้แสดงถึงความจำเป็นในการปรับปรุงคุณลักษณะด้านความแข็ง การเกาะตัว และความหวานของมาร์ชิแพน ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปจึงทำการปรับปรุงสูตรของมาร์ชิแพนให้มีความแข็งและการเกาะตัวของมาร์ชิแพนเพิ่มขึ้น และลดความหวานของมาร์ชิแพนลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพน

4.4.1 การปรับปรุงสูตรของมาร์ชิแพนโดยการวางแผนการทดลองแบบผสม

การปรับปรุงสูตรของมาร์ชิแพนเพื่อให้มาร์ชิแพนมีความแข็งและการเกาะตัวของมาร์ชิแพนเพิ่มขึ้น และลดความหวานของมาร์ชิแพนลง โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central composition design, CCD) โดยกำหนดอัตราส่วนของผงเมล็ดแตงโม (X_1) ร้อยละ 50-60 น้ำตาลทรายบดละเอียด (X_2) ร้อยละ 20-30 และเมอแรงค์ไข่ขาว (X_3) ร้อยละ 10-20 โดย $X_1 + X_2 + X_3 = 100$ ซึ่งมีผลตอบสนอง (response) ที่ทำการตรวจสอบ คือ ปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) ค่าการเกาะตัว (cohesiveness) และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวม (ไม่แสดงผลในเล่มวิทยานิพนธ์)

เมื่อนำข้อมูลของค่าตอบสนองของแต่ละปัจจัย มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อพิจารณาผลปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) ค่าการเกาะตัว (cohesiveness) และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวม จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ พบว่าข้อมูลที่ได้จาก ปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) ค่าการเกาะตัว (cohesiveness) และคะแนนการประเมินทางประสาทด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวมให้สมการ (model) ที่สามารถนำมาใช้ทำนายผลได้ เนื่องจากค่าตอบสนองในแต่ละค่าข้างต้นมี Lack of fit ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Coefficient, R^2) ของค่าตอบสนองอยู่ที่ 0.81-0.99 ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของกลิ่นรสมีค่าอยู่ที่ 0.55 แสดงถึงความเป็นไปได้ที่จะนำสมการที่ได้มาใช้เพื่อทำนายความสัมพันธ์ของปริมาณผงเมล็ดแตงโม น้ำตาลทราย และเมอร์แรงค์ไข่ขาว ที่มีผลต่อคุณภาพของมาร์ชิแพน และเมื่อพิจารณาข้อมูลข้างต้น พบว่า ตัวแปรตอบสนองมีผลต่อคุณภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาร์ซิแพน ได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) ค่าการเกาะตัว (cohesiveness) และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวม และหาสภาวะที่เหมาะสม (optimization) ต่อไป

ผลของปริมาณผงเมล็ดแตงโม น้ำตาลทรายบดละเอียด และเมอร์แรงค์ไข่ขาวต่อปริมาณความชื้นปริมาณน้ำอิสระ ค่าความแข็ง ค่าแรงการยึดเกาะพื้นผิว และค่าแรงยึดเกาะภายในของมาร์ซิแพน จากแผนภาพคอนทัวร์พล็อต (ไม่แสดงภาพในเล่มวิทยานิพนธ์) พบว่า ปริมาณของเมอร์แรงค์ไข่ขาวที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้น และ ปริมาณน้ำอิสระ ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าการเกาะตัวของมาร์ซิแพนเพิ่มขึ้น และปริมาณผงเมล็ดแตงโมและน้ำตาลทรายบดละเอียดที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของมาร์ซิแพนมีค่าลดลง อาจเพราะน้ำตาลทำหน้าที่ดึงน้ำในเมอร์แรงค์ไข่ขาวทำให้มาร์ซิแพนที่ได้มีความหนืดเพิ่มมากขึ้นจึงอาจส่งผลต่อความสามารถในการยึดเกาะของอนุภาคผงเมล็ดแตงโมทำให้ค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลมีความสามารถในการละลายน้ำและสร้างพันธะกับโมเลกุลของน้ำทำให้น้ำอิสระที่มีอยู่ในอาหารมีค่าลดลง (นิธิยา, 2549)

ผลของปริมาณผงเมล็ดแตงโม น้ำตาลทรายบดละเอียด และเมอร์แรงค์ไข่ขาว ต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ซิแพนจากแผนภาพคอนทัวร์พล็อต (ไม่แสดงภาพในเล่มวิทยานิพนธ์) พบว่า ปริมาณน้ำตาลทรายบดละเอียดที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของมาร์ซิแพนเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำตาลทรายที่เพิ่มขึ้นทำให้สีของอาหารอ่อนลงและเพิ่มความเงาของพื้นผิวอาหาร (กวี, 2548) และการเพิ่มปริมาณของผงเมล็ดแตงโมมีผลทำให้คะแนนความชอบด้านความแข็ง ด้านการเกาะตัว และด้านความหวานของมาร์ซิแพนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณของเมอร์แรงไข่ขาวยังมีผลทำให้คะแนนความชอบด้านการเกาะตัวของมาร์ซิแพนเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของคะแนนความชอบโดยรวมของมาร์ซิแพน ดังนั้นความแข็ง การเกาะตัว และความหวานของมาร์ซิแพนจึงเป็นคุณลักษณะสำคัญที่ส่งผลต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการตอบสนองของปัจจัยต่างๆ

Source	p-value										
	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าการเกาะพื้นผิว (นิวตัน.วินาที)	ค่าการเกาะตัว	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นถั่ว	ความแข็ง	การเกาะตัว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
Model	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*	0.0015*	0.0301*	0.0002*	<0.0001*	0.0001*	<0.0001*
Linear	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0022	0.3669	0.9427	0.0044	0.0311	0.0294
AB	0.6763	0.5888	0.4020	0.3651	0.2276	0.8249	0.5561	0.1902	0.1153	0.1731	0.0847
AC	0.0160	0.0026	0.0417	<0.0001	0.1170	0.1000	0.0240	0.0129	0.0005	0.0912	0.0002
BC	0.1541	<0.0001	0.1457	0.0863	0.4404	0.0307	0.0101	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001*
ABC	-	-	<0.0001	0.0131	0.0024	0.0106	-	0.0010	0.0242	-	0.0061
AB[A-B]	-	-	0.0011	<0.0001	0.0581	0.0060	-	-	-	-	-
AC[A-C]	-	-	<0.0001	0.0002	0.6958	0.5424	-	-	-	-	-
BC[B-C]	-	-	0.0053	0.0005	<0.0001	0.1671	-	-	-	-	-
Lack of fit	0.2072^{ns}	0.7536^{ns}	0.1405^{ns}	0.4299^{ns}	0.1358^{ns}	0.5519^{ns}	0.5105^{ns}	0.8281^{ns}	0.1405^{ns}	0.2368^{ns}	0.9300^{ns}
R^2	0.96	0.97	0.99	0.99	0.98	0.88	0.55	0.84	0.90	0.81	0.89

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ซิแพน

ค่าการตอบสนอง	เงื่อนไขที่เหมาะสม			
	เป้าหมาย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าทำนาย
ผงเมล็ดแตงโม	is in range	50	60	58.44
น้ำตาลทรายบดละเอียด	is in range	20	30	26.83
เมอร์แรงค์ไข่ขาว	is in range	10	20	14.73
ปริมาณความชื้น	Minimize	15.87	25.18	18.85
ปริมาณน้ำอิสระ	Minimize	0.78	0.88	0.81
ค่าความแข็ง	Maximize	20.04	104.11	65.37
ค่าการเกาะพื้นผิว	Minimize	0.81	5.18	2.26
ค่าการเกาะตัว	Maximize	0.280	0.350	0.284
ลักษณะปรากฏ	Maximize	6	7.65	6.88
กลิ่นรส	Maximize	6	6.50	6.10
ความแข็ง	Maximize	6	8.20	6.17
การเกาะตัว	Maximize	6	8.05	6.31
ความหวาน	Maximize	6	6.90	6.16
ความชอบโดยรวม	Maximize	6	7.15	6.11

จากตารางที่ 4.6 สามารถทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการทำมาร์ซิแพน โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดคุณลักษณะของตัวแปรตามที่ต้องการได้ อาทิ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด หรือในช่วงที่กำหนด โดยการทดลองนี้กำหนดค่าคุณลักษณะของตัวแปรคือ ร้อยละของปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร และค่าการเกาะพื้นผิว เท่ากับต่ำสุด (minimize) และ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัว และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวมเท่ากับสูงสุด (maximize) พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ซิแพน คือ การใช้ปริมาณผงเมล็ดแตงโมร้อยละ 58.44 น้ำตาลทรายร้อยละ 26.83 และเมอแรงค์ไข่ขาวร้อยละ 14.73 ให้ค่าปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 18.85 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เท่ากับ 0.81 ค่าความแข็ง เท่ากับ 65.37 นิวตัน ค่าการเกาะพื้นผิว เท่ากับ 2.26 นิวตัว.วินาที ค่าการเกาะตัว เท่ากับ 0.284 และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.87, 6.10, 6.17, 6.31, 6.16 และ 6.11 ตามลำดับ จากนั้นทำการทดลองเพื่อทดสอบค่าทำนายในลำดับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การทดสอบค่าสมการทำนาย

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบค่าทำนายและค่าจริงของการวิเคราะห์แต่ละปัจจัย

การวิเคราะห์	ค่าทำนาย	ค่าจริง
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	18.85	17.51
ปริมาณน้ำอิสระ	0.81	0.82
ค่าความแข็ง (นิวตัน)	65.37	51.51
ค่าการเกาะพื้นผิว (นิวตัน.วินาที)	2.260	2.643
ค่าการเกาะตัว	0.284	0.286
การทดสอบทางประสาทสัมผัส		
ลักษณะปรากฏ	6.88	7.20
กลิ่นรส	6.10	6.30
ความแข็ง	6.17	6.80
การเกาะตัว	6.31	6.87
ความหวาน	6.16	6.31
ความชอบโดยรวม	6.11	6.87

ทดสอบค่าสมการทำนายกับการทำมาร์ซิแพนจริงจากสูตรใช้ปริมาณผงเมล็ดแตงโม 58.44 กรัม น้ำตาลทรายบดละเอียด 26.83 กรัม และเมอร์แรงค์ไข่ขาว 14.73 กรัม ในการผลิตมาร์ซิแพน ผลการทดสอบค่าทำนายและค่าจริงของการวิเคราะห์แต่ละปัจจัยของมาร์ซิแพนแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่า ปริมาณน้ำอิสระและค่าการเกาะตัวที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าการทำนาย ปริมาณความชื้น ค่าความแข็ง ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งหมดที่ได้มีค่ามากกว่าค่าทำนาย โดยจากผลการทดลองข้างต้นค่าเนื้อสัมผัสของค่าทดสอบจริงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าทำนาย แต่เนื่องจากค่าการเกาะตัวที่ได้ เท่ากับ 0.286 ซึ่งน้อยกว่า ค่าการเกาะดัวของมาร์ซิแพนก่อนการปรับปรุงสูตรซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.297 (ตารางที่ 4.2) จึงจำเป็นต้องปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้านการเกาะตัวของมาร์ซิแพนด้วยไฮโดรคอลลอยด์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ผลการปรับปรุงคุณภาพของมาร์ชิแพนด้วยไฮโดรคอลลอยด์

อัตราส่วนของผงเมล็ดแตงโม น้ำตาลทรายบดละเอียด และเมอร์แรงค์ไข่ขาว จากข้อ 4.4.1 ถูกนำมาทำเป็นมาร์ชิแพนโดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ คือ ไฮโดรคอลลอยด์ 1 ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ไฮโดรคอลลอยด์ 3 และ ไฮโดรคอลลอยด์ 4 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และเนื้อสัมผัสของมาร์ชิแพน แสดงผลในตารางที่ 4.8 และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ชิแพน แสดงผลในดารางที่ 4.9

1.) ผลการทดสอบด้านกายภาพ

ตารางที่ 4.8 แสดงถึงผลทางกายภาพของมาร์ชิแพนที่ใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีผลทำให้ค่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในมาร์ชิแพนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยจากผลการทดลองพบว่า มาร์ชิแพนที่มีไฮโดรคอลลอยด์ 1 ร้อยละ 1.75 มีความชื้นและปริมาณน้ำอิสระลดลงมากที่สุด คือ จากร้อยละ 17.51 เป็น 17.23 และจาก 0.8212 เป็น 0.7824 ตามลำดับ อาจเนื่องจากไฮโตรคอลลอยด์มีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่และมีสายกิ่งมากทำให้สามารถดูดซับน้ำได้ดี เพราะโมเลกุลของน้ำถูกดูดซึมเข้าไปได้มากจึงมีผลทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารลดลง (วรรณา, 2551) นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแข็ง และค่าการเกาะตัวของมาร์ชิแพนเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ค่าการเกาะพื้นผิวของมาร์ชิแพนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมาร์ชิแพนที่มีไฮโดรคอลลอยด์ 2 ร้อยละ 0.2 และไฮโดรคอลลอยด์ 3 ร้อยละ 0.02 มีค่าความแข็งสูงที่สุดคือ 71.62 และ 70.99 นิวตัน ตามลำดับ มาร์ชิแพนที่มีไฮโดรคอลลอยด์ 3 ร้อยละ 0.02 มีค่าการเกาะพื้นผิวต่ำที่สุดคือ 0.554 นิวตัน.วินาที และมีค่าการเกาะตัวสูงที่สุดคือ 0.342 เนื่องมากจากไฮโดรคอลลอยด์ 3 มีความสามารถในการละลายน้ำ ในขณะที่ไฮโดรคอลลอยด์ 2 สามารถดูดซับน้ำได้ที่อุณหภูมิห้อง แต่ไม่สามารถละลายน้ำได้จึงสามารถลดปริมาณน้ำอิสระและเพิ่มค่าความแข็งของมาร์ชิแพนได้ แต่ไม่ช่วยในการเพิ่มการเกาะตัวของมาร์ชิแพน นอกจากนี้สารไฮโดรคอลลอยด์ยังช่วยในการตูดซับน้ำทำให้อาหารที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบไม่เกิดความเหนอะหนะ (วรรณา, 2551) ทำให้ค่าแรงยึดเกาะพื้นผิวมีค่าลดลง โดยสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดนั้นมีโครงสร้างของโมเลกุลที่ต่างกันจึงทำให้คุณสมบัติของไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลทางกายภาพของมาร์ชิแพนจากสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ชนิดไฮโดรคอลลอยด์	ร้อยละ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าความแข็ง (hardness) (นิวตัน)	ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) (นิวตัน.วินาที)	ค่าการเกาะตัว (cohesiveness)
มาร์ชิแพนทางการค้า	-	$17.72^{e} \pm 0.02$	$0.8023^{d} \pm 0.0003$	$71.32^{gh} \pm 0.05$	$2.720^{k} \pm 0.040$	$0.323^{d} \pm 0.002$
ไม่มี (ตัวอย่างควบคุม)	-	$17.51^{d} \pm 0.02$	$0.8218^{j} \pm 0.0033$	$51.51^{a} \pm 0.25$	$2.643^{j} \pm 0.037$	$0.287^{a} \pm 0.005$
ไฮโดรคอลลอยด์ 1	0.75	$17.2^{abc} \pm 0.07$	$0.8105^{f} \pm 0.0001$	$61.64^{c} \pm 0.42$	$2.450^{i} \pm 0.130$	$0.294^{b} \pm 0.004$
	1.25	$17.31^{bc} \pm 0.07$	$0.8002^{e} \pm 0.0002$	$66.68^{e} \pm 0.97$	$2.022^{h} \pm 0.017$	$0.308^{c} \pm 0.006$
	1.75	$17.23^{a} \pm 0.02$	$0.7824^{a} \pm 0.0001$	$68.77^{f} \pm 0.22$	$1.625^{g} \pm 0.047$	$0.317^{d} \pm 0.001$
ไฮโดรคอลลอยด์ 2	0.10	$17.43^{d} \pm 0.03$	$0.8188^{hi} \pm 0.0021$	$66.60^{e} \pm 0.55$	$1.322^{f} \pm 0.017$	$0.299^{b} \pm 0.005$
	0.15	$17.47^{d} \pm 0.02$	$0.8081^{e} \pm 0.0016$	$68.30^{f} \pm 0.24$	$0.839^{d} \pm 0.011$	$0.309^{c} \pm 0.001$
	0.20	$17.27^{a} \pm 0.04$	$0.8033^{d} \pm 0.0027$	$71.62^{h} \pm 0.02$	$0.678^{b} \pm 0.013$	$0.324^{d} \pm 0.003$
ไฮโดรคอลลอยด์ 3	0.010	$17.46^{d} \pm 0.04$	$0.8173^{h} \pm 0.0002$	$59.12^{b} \pm 0.78$	$1.030^{e} \pm 0.009$	$0.294^{b} \pm 0.006$
	0.015	$17.27^{ab} \pm 0.02$	$0.8107^{f} \pm 0.0003$	$65.38^{d} \pm 0.24$	$0.794^{cd} \pm 0.009$	$0.307^{c} \pm 0.002$
	0.020	$17.28^{abc} \pm 0.06$	$0.7895^{b} \pm 0.0003$	$70.99^{gh} \pm 0.31$	$0.544^{a} \pm 0.005$	$0.342^{d} \pm 0.002$
ไฮโดรคอลลอยด์ 4	0.10	$17.35^{c} \pm 0.03$	$0.8206^{ij} \pm 0.0004$	$64.85^{d} \pm 0.27$	$1.333^{f} \pm 0.019$	$0.287^{a} \pm 0.002$
	0.15	$17.29^{abc} \pm 0.05$	$0.8136^{g} \pm 0.0005$	$68.04^{f} \pm 0.07$	$0.864^{d} \pm 0.004$	$0.297^{b} \pm 0.002$
	0.20	$17.25^{ab} \pm 0.02$	$0.8069^{e} \pm 0.0003$	$70.17^{g} \pm 0.04$	$0.730^{bc} \pm 0.005$	$0.312^{cd} \pm 0.002$

[a] Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.) ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.9 ผลทางทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ชิแพนที่ใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ผลการประเมินคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และด้านกลิ่นรสของมาร์ชิแพนที่เพิ่มสารไฮโดรคอลลอยต์ชนิดต่างๆมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.00-7.75 และ 6.30-6.50 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าชนิดและระดับความเข้มข้นของสารไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อความชอบด้านลักษณะปรากฏและด้านกลิ่นรสของมาร์ชิแพนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมาร์ชิแพนที่มีไฮโดรคอลลอยด์ 1 ร้อยละ 1.75 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏดีที่สุด อาจเนื่องมากจากปริมาณและสีของไฮโดรคอลลอยด์ 1 มีผลทำให้มาร์ชิแพนที่ได้มีความสว่างและมีสีอ่อนที่สุดเมื่อเทียบกับมาร์ชิแพนอื่นๆ คะแนนความชอบด้านความแข็งและด้านการเกาะตัวของมาร์ชิแพนยังเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิด แต่ในมาร์ชิแพนที่เพิ่มไฮโดรคอลลอยด์ 1 พบการลดลงของคะแนนความชอบด้านการเกาะตัว อาจเนื่องมาจากโดยทั่วไปสตาร์ชจะไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส แต่สามารถดูดซับน้ำและขยายตัวได้เล็กน้อย (วรรณา, 2551) จึงทำให้มาร์ชิแพนที่ได้มีความแข็งขึ้นและมีลักษณะแห้งร่วนไม่สามารถเกาะตัวกันขณะปั้นได้ แต่ไม่พบความแตกต่างของคะแนนความชอบด้านความหวานในมาร์ชิแพนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) อาจเนื่องจากปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณที่น้อยจึงไม่ส่งผลต่อความหวานของมาร์ชิแพน โดยจากผลการทดสอบ แสดงให้เห็นว่า คะแนนความชอบด้านความแข็งและด้านการเกาะตัวของมาร์ชิแพนเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของมาร์ชิแพน จากการทดสอบพบว่า มาร์ชิแพนที่มีไฮโดรคอลลอยด์ 3 ร้อยละ 0.02 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด คือ 6.70 รองลงมาคือมาร์ชิแพนที่มีไฮโดรคอลลอยด์ 4 ร้อยละ 0.2 และไฮโดรคอลลอยด์ 1 ร้อยละ 1.75 มีคะแนนความชอบโดยรวม คือ 6.45 และ 6.40 ตามลำดับ

จากผลทางกายภาพและการประเมินทางประสาทสัมผัสที่ได้ผู้ทดลองจึงเลือกมาร์ชิแพนที่มีการปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้วยไฮโดรคอลลอยด์ 3 ร้อยละ 0.02 ซึ่งมีปริมาณความชื้น (ร้อยละ) เท่ากับ 17.28 ปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.8033 ค่าความแข็ง เท่ากับ 70.99 นิวตัน ค่าการเกาะพื้นผิว เท่ากับ 0.544 นิวตัน.วินาที และค่าการเกาะตัว เท่ากับ 0.342 และมีผลคะแนนความชอบด้านความแข็ง ด้านการเกาะตัว และด้านความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.50 7.10 และ 6.70 ตามลำดับ เพื่อนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาในลำดับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลทางทดสอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชิแพนจากสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (n=20)

ตัวอย่าง	ร้อยละ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	ความแข็ง	การเกาะตัว	ความหวาน [ns]	ความชอบโดยรวม
ไม่มี (ตัวอย่างควบคุม)	-	$7.00^{a} \pm 0.32$	$6.35^{ab} \pm 0.05$	$6.40^{ab} \pm 0.50$	$5.95^{ab} \pm 0.50$	6.30 ± 0.40	$5.70^{bc} \pm 0.50$
ไฮโดรคอลลอยด์ 1	0.75	$7.00^{a} \pm 0.56$	$6.30^{ab} \pm 0.47$	$6.50^{bc} \pm 0.51$	$6.35^{bcd} \pm 0.59$	6.30 ± 0.57	$5.80^{bcd} \pm 0.41$
	1.25	$7.40^{b} \pm 0.50$	$6.45^{ab} \pm 0.51$	$6.85^{de} \pm 0.49$	$5.60^{a} \pm 0.60$	6.35 ± 0.49	$6.10^{def} \pm 0.30$
	1.75	$7.75^{c} \pm 0.44$	$6.35^{ab} \pm 0.49$	$7.25^{fg} \pm 0.44$	$5.95^{ab} \pm 0.60$	6.35 ± 0.49	$6.40^{fgh} \pm 0.50$
ไฮโดรคอลลอยด์ 2	0.10	$7.15^{ab} \pm 0.59$	$6.30^{ab} \pm 0.47$	$6.35^{ab} \pm 0.49$	$6.60^{cd} \pm 0.50$	6.25 ± 0.44	$5.70^{bc} \pm 0.47$
	0.15	$7.15^{ab} \pm 0.49$	$6.25^{a} \pm 0.44$	$6.70^{cd} \pm 0.47$	$7.05^{e} \pm 0.39$	6.20 ± 0.41	$6.10^{def} \pm 0.31$
	0.20	$7.10^{ab} \pm 0.45$	$6.30^{ab} \pm 0.47$	$7.60^{h} \pm 0.50$	$6.00^{b} \pm 0.56$	6.25 ± 0.44	$6.15^{efg} \pm 0.67$
ไฮโดรคอลลอยด์ 3	0.010	$7.05^{ab} \pm 0.60$	$6.40^{ab} \pm 0.50$	$6.40^{ab} \pm 0.50$	$5.95^{ab} \pm 0.76$	6.35 ± 0.49	$5.50^{ab} \pm 0.60$
	0.015	$7.20^{ab} \pm 0.41$	$6.35^{ab} \pm 0.49$	$7.00^{ef} \pm 0.50$	$6.60^{cd} \pm 0.60$	6.30 ± 0.47	$6.10^{def} \pm 0.44$
	0.020	$7.20^{ab} \pm 0.52$	$6.50^{b} \pm 0.51$	$7.50^{gh} \pm 0.51$	$7.10^{e} \pm 0.55$	6.30 ± 0.47	$6.70^{h} \pm 0.65$
ไฮโดรคอลลอยด์ 4	0.10	$7.10^{ab} \pm 0.55$	$6.45^{ab} \pm 0.51$	$6.20^{a} \pm 0.41$	$6.30^{bc} \pm 0.47$	6.25 ± 0.44	$5.25^{a} \pm 0.44$
	0.15	$7.15^{ab} \pm 0.37$	$6.45^{ab} \pm 0.51$	$6.55^{bc} \pm 0.51$	$7.05^{e} \pm 0.69$	6.30 ± 0.47	$5.85^{cde} \pm 0.36$
	0.20	$7.10^{ab} \pm 0.55$	$6.30^{ab} \pm 0.47$	$7.25^{fg} \pm 0.44$	$6.73^{de} \pm 0.56$	6.30 ± 0.47	$6.45^{gh} \pm 0.60$

[a] Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

4.5 ผลอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม

จากการปรับปรุงมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมในข้อ 4.4 ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเหมาะสมและได้รับการยอมรับ นำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ในถุงพลาสติก PE เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แสดงในตารางที่ 4.10 ผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมแสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.12 ผลการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมแสดงในตารางที่ 4.13 และผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15

4.5.1 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมาร์ซิแพนทางการค้า และมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 องค์ประกอบทางเคมีของมาร์ซิแพนทางการค้าและมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม

	ปริมาณ (ร้อยละ)	
องค์ประกอบทางเคมี	มาร์ซิแพนทางการค้า	มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม
ปริมาณความชื้น	17.00 ± 0.20	17.20 ± 0.20
โปรตีน	15.54 ± 0.20	17.74 ± 0.40
ไขมัน	20.80 ± 0.80	23.20 ± 1.00
เถ้า	01.56 ± 0.40	01.93 ± 0.50
เส้นใย	02.25 ± 0.20	02.95 ± 0.50
คาร์โบไฮเดรต	46.20 ± 0.10	40.02 ± 0.10

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมาร์ซิแพนทางการค้าและมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม (ตารางที่ 4.10) พบว่า มาร์ซิแพนทางการค้ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ ร้อยละ 17.00, 15.54, 20.80, 1.56, 2.25 และ 46.20 ตามลำดับ และมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ ร้อยละ 17.20, 17.74, 23.20, 1.93, 2.95 และ 40.02 ตามลำดับ โดยปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่มากกว่าของมาร์ซิแพนทางการค้า อาจเนื่องจากมาร์ซิแพนทางการค้ามีการเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมกลุ่มคาร์โบไฮเดรตเพื่อทำให้มาร์ชิแพนที่ได้มีลักษณะทางกายภาพเป็นไปตามต้องการ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์โบไฮเดรดในส่วนผสมอาจส่งผลให้ปริมาณของโปรตีนและไขมันในมาร์ชิแพนทางการค้าซึ่งทำจากเมล็ดอัลมอนด์มีปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโม

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

1.) ปริมาณความชื้น

ค่าปริมาณความชื้นดังแสดงในตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 พบว่าการเก็บรักษามาร์ชิแพนที่และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ที่อุณหภูมิห้องปริมาณความชื้นมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยมีค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 17.27-17.41 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานจะเกิดการดูดซับความชื้นและมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในบรรจุภัณฑ์มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ชนิดเพลสมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น (Baiano และ Del Nobile, 2005)

2.) ปริมาณน้ำอิสระ

จากผลการเปลี่ยนแปลงของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโม (ตารางที่ 4.11 และ 4.12) พบว่า การเก็บรักษามาร์ชิแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณน้ำอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ซึ่งต่างกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระจะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 และค่อยๆลดลงในสัปดาห์ที่ 2 - 4 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.7895-0.7992 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าปริมาณน้ำอิสระจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าค่อนข้างน้อย อาจเนื่องมาจากโมเลกุลของน้ำจะมีความคงตัวมีการเกาะตัวกันอย่างเหนียวแน่นมีผลทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (นิธิยา, 2548) ในผลิตภัณฑ์ประเภทเพลส (paste) หรือไส้ของขนม ควรมีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.83 เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระที่สูงเกินไปจะมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารซึ่งอาจเป็นจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *S. aurues* เป็นต้น (วราวุฒิ, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ค่าเปอร์ออกไซด์

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.11 และ 4.12 พบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ซิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่มาร์ซิแพนที่อุณหภูมิห้องพบการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.0197-0.8328 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำมันและไขมัน 1 กิโลกรัม ค่าเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของสารเปอร์ออกไซด์ในระหว่างการเก็บรักษาเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซึ่งเกิดจากการซึมผ่านของออกซิเจนจากสภาพแวดล้อมอันเกิดจากชนิดของบรรจุภัณฑ์ (พลาสติก PE) ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยความชื้นเพิ่มขึ้นจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้ผลิตภัณฑ์เหม็นหืน (จริยาและคณะ, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับ รุ่งนภา (2549) และ Baiano และ Del Nobile (2005) กล่าวว่า อุณหภูมิภายนอกเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา และออกซิเจนในบริเวณรอบอาหารนั้นทำให้อัตราการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ซึ่งน้ำมีองค์ประกอบของออกซิเจนจึงมีบทบาทสำคัญในการออกซิเดชันของไขมันในอาหารมักเกิดด้วยอัตราที่สูงที่ค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.2 หรือสูงกว่า 0.6

4.) ค่าเนื้อสัมผัส

จากตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 แสดงค่าการวิเคราะห์ทางด้านเนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลานานขึ้นมีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าความแข็ง ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าการเกาะตัวของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าการเกาะพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีผลทำให้ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าการเกาะตัวของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมาร์ซิแพนที่ได้มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 58.58-70.92 นิวตัน ค่าการเกาะพื้นผิวอยู่ในช่วง 0.524-0.546 นิวตัน.วินาที และค่าการเกาะตัวอยู่ในช่วง 0.299-0.342 ตามลำดับ เนื่องจากการเก็บรักษามาร์ซิแพนที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิและระยะเวลามีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนไข่ขาวลดลง ของเหลวที่แยกชั้นออกจากโปรตีนส่งผลให้น้ำตาลในมาร์ซิแพนละลายส่งผลให้มาร์ซิแพนมีค่าความแข็งลดลง และเพิ่มค่าการเกาะพื้นผิวของมาร์ซิแพน นอกจากนี้หากสภาพแวดล้อมมีความชื้นต่ำกว่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลง เนื่องจากการการถ่ายเทความชื้นกับสภาพแวดล้อม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แห้งร่วนส่งผลต่อการสูญเสียเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษา (Baiano และ Del Nobile, 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น[ns] (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ[ns]	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าการเกาะพื้นผิว[ns] (นิวตัน.วินาที)	ค่าการเกาะตัว
0	17.26 ± 0.02	0.7895 ± 0.0001	0.0197^{a} ± 0.0001	70.92^{c} ± 0.06	0.544 ± 0.005	0.342^{b} ± 0.002
1	17.26 ± 0.03	0.7927 ± 0.0053	0.0198^{a} ± 0.0000	70.70^{b} ± 0.04	0.543 ± 0.001	0.342^{b} ± 0.002
2	17.26 ± 0.01	0.7891 ± 0.0001	0.0264^{b} ± 0.0001	70.63^{ab} ± 0.05	0.546 ± 0.001	0.339^{a} ± 0.001
3	17.27 ± 0.02	0.7894 ± 0.0001	0.0297^{c} ± 0.0001	70.57^{b} ± 0.02	0.548 ± 0.001	0.338^{a} ± 0.001
4	17.29 ± 0.01	0.7895 ±0.0001	0.0298^{c} ± 0.0000	70.60^{b} ± 0.02	0.547 ± 0.005	0.336^{a} ± 0.001

[a] Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าการเกาะพื้นผิว[ns] (นิวตัน.วินาที)	ค่าการเกาะตัว
0	17.26^{b} ± 0.02	0.7895^{c} ± 0.0001	0.0197^{a} ± 0.0001	70.92^{c} ± 0.06	0.544^{c} ± 0.005	0.342^{c} ± 0.002
1	17.30^{c} ± 0.01	0.7992^{e} ± 0.0001	0.4831^{b} ± 0.0052	70.33^{d} ± 0.01	0.558^{d} ± 0.002	0.337^{d} ± 0.001
2	17.32^{c} ± 0.01	0.7899^{d} ± 0.0001	0.5358^{c} ± 0.0067	68.55^{c} ± 0.01	0.557^{d} ± 0.001	0.330^{c} ± 0.001
3	17.24^{b} ± 0.01	0.7885^{b} ± 0.0003	0.6874^{d} ± 0.0061	60.51^{b} ± 0.04	0.540^{b} ± 0.001	0.321^{b} ± 0.001
4	17.20^{a} ± 0.01	0.7879^{a} ± 0.0001	0.8328^{e} ± 0.0110	58.58^{a} ± 0.15	0.524^{a} ± 0.001	0.299^{a} ± 0.002

[a] Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราของมาร์ชิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า มีการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเข้าสัปดาห์ที่ 1 และมีปริมาณของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาเก็บ 4 สัปดาห์ โดยที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีการเจริญของจุลินทรีย์ในช่วง 7.0×10^{1} ถึง 3.1×10^{2} โคโลนีต่อกรัม และไม่พบการเจริญของยีสต์รา แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องพบการเจริญของจุลินทรีย์ในช่วง 7.0×10^{1} ถึง 6.5×10^{2} โคโลนีต่อกรัมและพบการเจริญของยีสต์ราที่ 1×10^{1} โคโลนีต่อกรัม ในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องจากมาร์ชิแพนจากเมล็ดแดงโมมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำจึงไม่พบการเจริญของยีสต์ราในช่วงสัปดาห์ที่ 0-3 แต่เมื่อค่าปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นและมีอุณหภูมิที่อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมจึงสามารถพบการเจริญของยีสต์รา โดยเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนยถั่ว (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2548) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค) ซึ่งกำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^{4} โคโลนีต่อกรัม และจำนวนยีสต์และราทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^{2} โคโลนีต่อกรัม พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต่ำกว่าและไม่พบการเจริญของยีสต์ราในมาร์ชิแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.13 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนจากเมล็ดแดงโมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)		ปริมาณยีสต์และรา (CFU/g)	
	4 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิห้อง	4 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิห้อง
0	7.0×10^{1}	7.0×10^{1}	ไม่พบ	ไม่พบ
1	7.1×10^{1}	1.2×10^{2}	ไม่พบ	ไม่พบ
2	1.7×10^{2}	2.6×10^{2}	ไม่พบ	ไม่พบ
3	2.3×10^{2}	4.5×10^{2}	ไม่พบ	ไม่พบ
4	3.1×10^{2}	6.5×10^{2}	ไม่พบ	1×10^{1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโม

ตารางที่ 4.14 และตารางที่ 4.15 แสดงผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการเก็บรักษามาร์ชิแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็ง กลิ่นหืน การเกาะตัว และความชอบโดยรวมเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษามาร์ชิแพนที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 3-4 ของการเก็บรักษา คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ด้านกลิ่นหืน ด้านความแข็ง ด้านการเกาะตัว และความชอบโดยรวมของมาร์ชิแพนมีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมาร์ชิแพนมีผลต่อคะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสของมาร์ชิแพน โดยจากตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ในมาร์ชิแพนซึ่งสัมพันธ์กับการลดลงของคะแนนความชอบด้านกลิ่นหืนของมาร์ชิแพน และค่าเนื้อสัมผัส (ความแข็ง และค่าการเกาะตัว) ที่ลดลงมีผลสัมพันธ์กับการลดลงของคะแนนด้านความแข็งของมาร์ชิแพน และจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าคุณลักษณะด้านกลิ่นรส ความแข็ง และการเกาะตัวของมาร์ชิแพนนั้นมีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของมาร์ชิแพน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชิแพนในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (n=20)

สัปดาห์	ลักษณะปรากฏ[ns]	กลิ่นหืน	ความแข็ง	การเกาะตัว	ความหวาน[ns]	ความชอบโดยรวม
0	7.60 ± 0.55	7.80^{ab} ±1.41	6.80^{a} ± 0.45	7.60^{ab} ± 0.55	7.00 ± 1.73	7.20^{a} ± 0.84
1	7.40 ± 0.55	6.80^{ab} ±1.48	7.20^{ab} ± 0.45	7.60^{ab} ± 1.14	7.80 ± 0.45	8.20^{b} ± 0.45
2	8.00 ± 0.00	8.00^{b} ± 0.70	8.00^{b} ± 0.00	8.20^{b} ± 0.45	7.40 ± 0.55	7.60^{ab} ± 0.55
3	7.60 ± 0.55	6.60^{ab} ± 0.89	6.60^{a} ± 0.90	6.80^{a} ± 0.84	7.00 ± 0.00	7.20^{a} ± 0.45
4	7.60 ± 0.55	6.20^{a} ± 1.10	6.80^{a} ± 1.10	8.00^{b} ± 0.00	6.60 ± 0.55	7.60^{ab} ± 0.55

[a] Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4.15 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชิแพนในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (n=20)

สัปดาห์	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นหืน	ความแข็ง	การเกาะตัว	ความหวาน[ns]	ความชอบโดยรวม
0	7.60^{b} ± 0.55	7.00^{c} ± 1.40	6.80^{bc} ± 0.45	7.60^{b} ± 0.55	7.00 ± 1.73	7.20^{cd} ± 0.84
1	7.00^{b} ± 1.00	6.00^{bc} ± 1.87	6.60^{bc} ± 0.90	7.20^{ab} ± 1.10	7.20 ± 1.30	7.60^{d} ± 0.55
2	5.80^{ab} ± 1.60	5.00^{abc} ± 2.00	7.20^{c} ± 0.84	6.40^{ab} ± 0.89	6.60 ± 1.52	6.20^{bc} ± 0.45
3	6.60^{ab} ± 1.50	4.20^{ab} ± 1.64	5.60^{b} ± 1.67	6.20^{a} ± 0.45	5.20 ± 2.05	5.40^{b} ± 1.34
4	4.80^{a} ± 2.05	2.80^{a} ± 1.10	4.00^{a} ± 0.00	6.00^{a} ± 1.22	5.20 ± 0.84	3.40^{a} ± 0.55

[a] Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

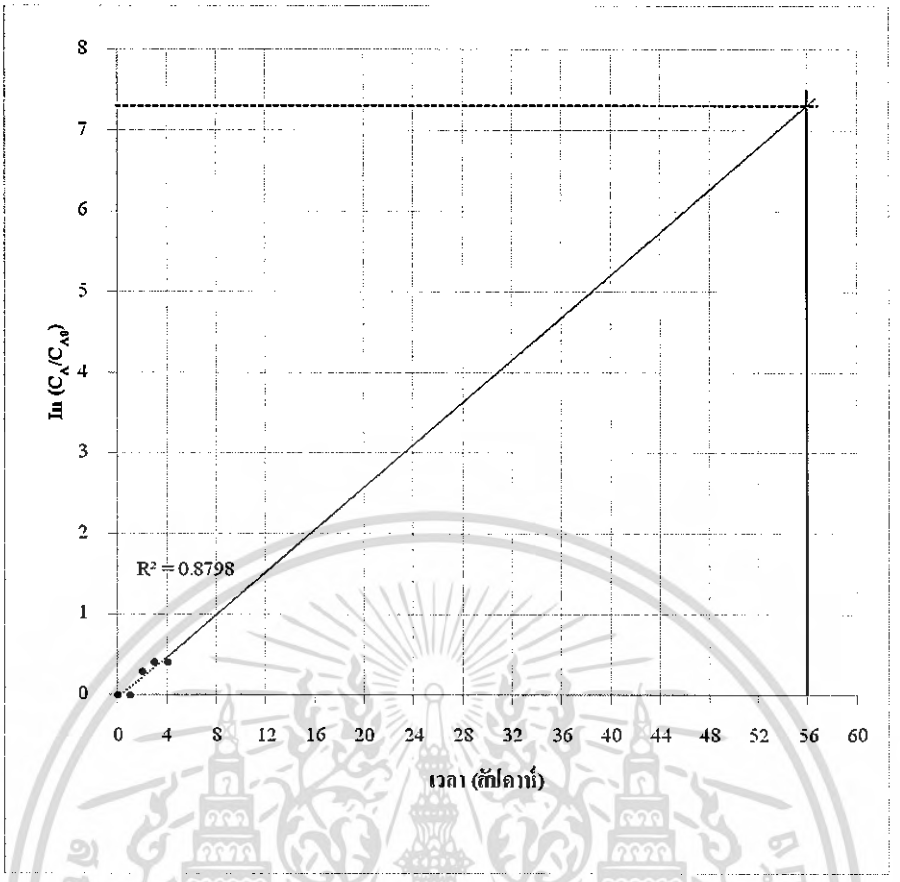
4.5.4 การคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์ออกไซด์และอายุการเก็บรักษาของมาร์ชิแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ในระหว่างการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ แสดงในภาพที่ 4.9 และ 4.10 โดยนำผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ชิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ในตารางที่ 4.13 และ 4.14 มาหาอันดับของปฏิกิริยาของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหาร กำหนดค่าเปอร์ออกไซด์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เนยถั่ว (2548)โดยใช้ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (First order) ในการคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ ก1.1 และ ก1.2) และใช้ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งของค่าเปอร์ออกไซด์ 30 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.328 เป็นจุดกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพน พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง มีอายุในการเก็บรักษา เท่ากับ 56 และ 18 สัปดาห์ ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.8798 และ 0.9054 ตามลำดับ

$$\ln (C_A/C_{A0}) = \ln (30/0.0197)$$

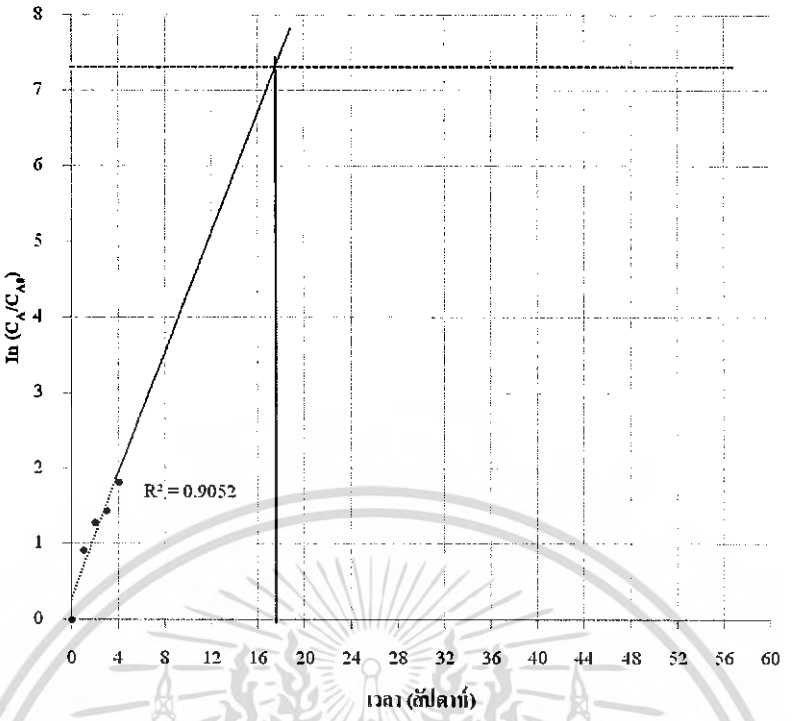
$$= 7.328$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เทียบกับอายุการเก็บรักษาที่ลำดับปฏิกิริยาอันดับหนึ่งที่มีการลากเส้นตรงต่อไปจนตัดค่า ln (C_A/C_{A0}) ที่แกน y = 7.328 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 56 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เทียบกับอายุการเก็บรักษาที่ลำดับปฏิกิริยาอันดับหนึ่งที่มีการลากเส้นตรงต่อไปจนตัดค่า ln (C_A/C_{A0}) ที่แกน y = 7.328 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 18 สัปดาห์

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพน แสดงถึงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเพียงเล็กน้อยและไม่พบการเจริญของยีสต์ราในมาร์ชิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ และการลดลงของค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวของมาร์ชิแพน โดยการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ในระหว่างการเก็บรักษามาร์ชิแพนในสภาวะเร่งยังมีผลไปในทิศทางเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว (น้ำฝน และนภัสรพี, 2560) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำมันสูงและเก็บในสภาวะเร่ง นาน 4 สัปดาห์ นอกจากนี้คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ชิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสยังอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ และมีอายุการเก็บรักษานาน 56 สัปดาห์ ในขณะที่มาร์ชิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีคะแนนต่ำกว่ามาก และมีอายุการเก็บรักษา 18 สัปดาห์ แสดงถึงการเก็บรักษามาร์ชิแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพน ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานประมาณ 1 ปี

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปการทดลองและข้อเสนอแนะ

องค์ประกอบทางเคมีของ เมล็ดแตงโม และเมล็ดถั่วดาวอินคา มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับเมล็ดอัลมอนด์ จึงสามารถนำมาทดแทนเมล็ดอัลมอนด์ในการทำมาร์ซิแพนได้

การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งมีผลทำให้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลง และมีผลทำให้ค่าสีน้ำตาลของเมล็ดแตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาเพิ่มขึ้น โดยสภาวะการอบแห้งเมล็ดแตงโมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 210 นาที มีความเหมาะสมที่สุด โดยมีค่าความชื้น เท่ากับ 4.48 และปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เท่ากับ 0.43 และมีค่าดัชนีสีน้ำตาล เท่ากับ 35.44 (ค่าเริ่มต้นคือ 24.49) และสภาวะการอบแห้งเมล็ดถั่วดาวอินคาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที มีความเหมาะสมที่สุด โดยมีค่าความชื้น เท่ากับ 4.60 และปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เท่ากับ 0.49 และมีค่าดัชนีสีน้ำตาล เท่ากับ 31.97 (ค่าเริ่มต้นคือ 23.38)

การลดขนาดของอนุภาคของผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคามีผลทำให้ค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวของมาร์ซิแพนเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ค่าการเกาะพื้นผิวของมาร์ซิแพนลดลง โดยมาร์ซิแพนที่ทำจากผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ขนาดอนุภาคเล็กกว่า 560 ไมโครเมตร มีค่าเนื้อสัมผัสดีที่สุด และจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมและมาร์ซิแพนถั่วดาวอินคาผู้บริโภคมีคะแนนความชอบด้านความแข็ง ด้านการเกาะตัว และด้านความหวานใกล้เคียงกัน แต่มาร์ซิแพนจากเมล็ดถั่วดาวอินคามีคะแนนด้านลักษณะปรากฏและด้านกลิ่นรสต่ำกว่ามาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม ซึ่งคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏและด้านกลิ่นรสมีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ผู้วิจัยจึงเลือกเมล็ดแตงโมมาใช้เพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน

จากการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนพบว่าปริมาณผงเมล็ดแตงโมร้อยละ 58.44 น้ำตาลทรายร้อยละ 26.83 และเมอร์แรงค์ไข่ขาวร้อยละ 14.73 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยจาแบบจำลองทำนายปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 18.85 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เท่ากับ 0.81 ค่าความแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 65.37 นิวตัน ค่าการการเกาะพื้นผิว เท่ากับ 2.26 นิวตัว.วินาที ค่าการเกาะตัว เท่ากับ 0.284 และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.87, 6.10, 6.17, 6.31, 6.16 และ 6.11 ตามลำดับ เมื่อทดสอบแบบจำลองตามอัตราส่วนดังกล่าวได้ค่าปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 17.51 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เท่ากับ 0.82 ค่าความแข็ง เท่ากับ 51.51 นิวตัน ค่าการเกาะพื้นผิว เท่ากับ 2.643 นิวตัว.วินาที ค่าการเกาะตัว เท่ากับ 0.286 และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.20, 6.30, 6.80, 6.87, 6.31 และ 6.87 ตามลำดับ

สูตรมาร์ชิแพนที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเนื้อสัมผัสและคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสที่สูงขึ้น แต่มีค่าการเกาะตัวของมาร์ชิแพนต่ำกว่ามาร์ชิแพนสูตรมาตรฐาน จึงปรับปรุงเนื้อสัมผัสของมาร์ชิแพนโดยการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ คอร์นสตาร์ช กัวร์กัม แซนแทนกัม และอะราบิกกัม ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าระดับความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดมีผลทำให้ค่าปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และการเกาะพื้นผิวของมาร์ชิแพนลดลง แต่ทำให้ค่าความแข็ง และค่าการเกาะตัวของมาร์ชิแพนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มคะแนนความชอบด้านความแข็ง และด้านการเกาะตัว ซึ่งมีผลทำให้คะแนนความชอบโดยรวมของมาร์ชิแพนมีค่าเพิ่มขึ้น โดยแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02 มีความเหมาะสม เนื่องจากให้ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และการประเมินทางประสาทสัมผัสดีที่สุด

การเก็บรักษามาร์ชิแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าทางกายภาพ ค่าเปอร์ออกไซด์ และมีการเจริญของจุลินทรีย์ น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และจากการคำนวณอายุการเก็บรักษาของมาร์ชิแพนโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ พบว่า มาร์ชิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บ เท่ากับ 56 และ 18 สัปดาห์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมการค้าภายใน. 2561. **ระบบตลาดและเครื่องมือทางการตลาด**. http://mwsc.dit.go.th/viewBiddOffer.php?id=51304&page=1. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 มกราคม 2561.

กรมศุลกากร. 2558. **ข้อมูลสถิตินำเข้า-ส่งออก**. http://www.customscarecenter.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539900719&Ntype=24. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2558.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. **คู่มือการปลูกแตงโม**. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กวี จุติกุล. 2548. **อาหารและโภชนาการ หน่วยที่1-7**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงจันทร์. 382 หน้า.

จริยา เดชกุญชร. 2552. **สุดยอดเบเกอรี่**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เพชรการเรือน. 127 หน้า.

จริยา สุขจันทรา และกามีละห์ หะมะ. 2551. **ผลของน้ำมันที่ใช้ทอดต่อคุณภาพกล้วยหินฉาบ**. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 3(1), 11-18.

ฉวีวรรณ วิขัมภประหาร, ฉวีวรรณ สุดจิตร, ฐิตนนท์ หงส์โชติธนวดี, พงษ์เทพ ประกอบธรรม และขวัญหล้า ทองเผือก 2558. **ถั่วดาวอินคา**. วารสารเกษตรชลประทาน. ปีที่ 19 ฉบับที่ 72. กรุงเทพฯ : กรมชลประทาน.

ฐิติรัตน์ จันทบุรานันท์ และ ประเสริฐ สีวัฒนภัทร. 2549. **การพัฒนาตำรับแผ่นฟิลม์สมานแผลในปาก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต. สาขาวิชาเภสัชกรรม, มหาวิทยาลัยมหิดล.

นุชรี เบญจานุวัตร. 2529. **ไข่ (ชุดวิชาอาหารและโภชนาการ)**. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี. 590 หน้า.

นิดดา หงส์วิวัฒน์ และทวีทอง หงส์วิวัฒน์. 2550. **"แตงโม" ผลไม้ 111 ชนิด: คุณค่าอาหารและการกิน**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด. 324 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 504 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำฝน ชูพูล และ นภัสรพี เหลืองสกุล. 2560. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว**. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร. หน้า 675-685.

ประมวล ศรีกาหลง. 2557. **การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร (หน่วยที่ 13)**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

ปิยพร ร่มแสง, มัตติกา ไชยลังกา, รังสรรค์ กุนสะนา, วิชชากร กันทรัญ, อนุวัฒน์ โรจน์สินทรัพย์, และ นพพล เล็กสวัสดิ์. 2561. **"CMC biopolymer"**. www.agro.cmu.ac.th/absc/data/56/No07.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2561.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2548. **"เนยถั่ว"**: tcps.tisi.go.th/pub%5Ctcps1012_48.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่26 กรกฎาคม 2560

รชานนท์ หิรัญวงษ์. 2555. **"ภูมิแพ้อาหารคืออะไร?"**. http://www.ifrpd-foodallergy.com/index.php/th/25-data-faqa/140-faqs-article. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2560.

ระภีพร ใบโคกสูง. 2556. **การทำขนมปังขาไก่เสริมไข่ขาวเค็มดิบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชมงคลพระนคร.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2549. **อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 106-128.

วรรณา ตุลยธัญ. 2551. **เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 160 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2558. **การประกันคุณภาพในอุตสาหกรรมอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 150 หน้า.

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 477 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศศิวิมล แสวงผล, เชฎฐ์ สาทรกิจ และ ทยา เจนจิตติกุล. 2546. **สารานุกรมผลิตผลและผลิตภัณฑ์จากพืชในซุปเปอร์มาร์เก็ต (ฉบับคอมพิวเตอร์)**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. **ไข่และเนื้อไก่**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อมรการพิมพ์. 382 หน้า.

อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกุล. 2544. **หลักการประกอบอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 163 หน้า.

Afoakwa, E.O., Paterson, A. and Fowler, M. 2008. Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. **European Food Research and Technology**. 226(6), 1259-1268.

Ahmed, J., Taher, A., Mulla, M.Z. and Luciano, G. 2016. Effect of sieve particle size on functional, thermal, rheological and pasting properties of Indian and Turkish lentil flour. **Journal of Food Engineering**. xxx(2016), 1-8.

Akinoso R. 2002. **Effects of moisture content, roasting duration and temperature on yield and quality of palm kernel (*Elaeis guineensis*) and sesame (*Sesamum indicum*) oils**. Ph.D thesis of University of Ibadan.

Aktas, T. and Polat, R. 2007. Changes in the drying characteristics and water activity values of selected pistachio cultivar during hot air drying. **Journal of Food Process Engineering.** 30(5), 607-624.

Alasalvar, C. and Shahidi, F. 2009. Natural antioxidants in tree nuts. **European Journal of Lipid Science and Technology**. 111(11), 1056-1062.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International**. 17thedition. Gaithersburg, Maryland: AOAC International.

Baiano, A. and Del Nobile, M.A. 2005. Shelf life extension of almond paste pastries. **Journal of Food Engineering**. 66(4), 487-495.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Baik, B. and Czuchajowska, Z. 1999. Paste particle bean size as related to sweetened Azuki paste quality. **Cereal Chemistry**. 76(1), 122–128.

Barbosa-Cánovas, G.V., Fontana, A.J., Schmidt, S.J. and Labuza, T.P. 2008. **Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications**. USA. Blackwell Publishing Ltd.

Beckett, L. 2015. **Cake Decorating: History, Overview and Techniques**. Available from: http:// www.craftsy.com/article/cake-decorating-history-overviewtechniques. [30 March 2015].

Bourne, M. 2002. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2nd edition. London, UK: Academic Press, Elsevier.

Crankshaft, P. 2017. **Food Browning**. Available from: http://what-when-how.com/food-colors/ food-browning/. [25 June 2017].

Demir, A.D., Celayeta, J.M.F., Cranin, K. and Abodayah, K. 2002. Modeling of the kinetics of color change in hazelnuts during air roasting. **Food Engineering**. 55(4), 283-292.

El-Adaway, T. A. and Taha, K.M. 2001. Characteristics and composition of different seed oils and flours. **Food Chemistry**. 74, 47-54.

Farmer, M. 2015. **White Wonder Watermelon**. Available from: http://www.rareseeds.com/ white-wonder-watermelon/. [23 August 2017].

Fennema, O.R. 1996. **Food Chemistry**. 3td edition. New York, USA: Taylor & Francis Publisher.

German food guide. 2015. **Marzipan**. Available from: http://www.germanfoodguide.com/ marzipan.cfm. [30 April 2015].

Griffith, F. and Linda, G. 2003. **Nuts : Recipes from around the world that feature nature's perfect ingredient**. St. martin's press publishing, New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Guillén, M.D., Ruiz, A., Cabo, N., Chirinos, R. and Pascual, G. 2003. Characterization of sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) oil by FTIR spectroscopy and 1H NMR Comparison with linseed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. 80(8), 755–762.

Gutierrez, L., Rosada L. And Jimenez A. 2011. Chemical composition of Sacha Inchi seeds and characteristics of their lipid fraction. **Grasas Y Aceites**. 62(1), 76-83.

Hamaker, B.R., Valles, C., Gilman, R., Hardmeier, R.M., Clark, D., Garcia, H.H., Gonzales,A.E., Kohlstad, I., Castro, M., Valdivia, R., Rodriguez, T. and Lescano, M. (1992). Amino acid and fatty acid profiles of the Inca peanut (*Plukenetia volubilis*). **Cereal Chemistry.** 69, 461–463.

Heyman, B., Winnok, H., Paul, M. and Koen, D. 2014. Gums tuning the rheological properties of modified maize starch pastes: Differences between guar and xanthan. **Food Hydrocolloids**. 39, 85-94.

Huang, G. 2014. **Hot air roasting of almond. Food Research and Technology**. Available from: http://www.almonds.com/sites/default/files/content/attachments/2014aq0008_hot_air_roasting_of_almond.pdf. [30 April 2018].

Jongaroontaprangsee, S., Tritrong, W., Chokanaporn, W. and Chiewchan, N. 2007. Effects of drying temperature and particle size on hydration properties of dietary fiber powder from lime and cabbage by-products. **International Journal of Food Properties**. 10(4), 887-897.

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

Kahyaoglu, T. and Kaya, S. 2005. Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. **Food Engineering**. 75, 167-177.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kilcast, D. and Subramaniam, P. 2000. **The Stability and Shelf-Life of Food**. 2nd edition. London, UK: Academic Press, Elsevier.

Krystyjan, M., Sikora, M., Adamczyk, G. and Tomasik, P. 2012. Caramel sauces thickened with combinations of potato starch and xanthan gum. **Food Engineering**. 112, 22-28.

Lawless, H. and Heymann, H. 1998. **Sensory evaluation of food: Principles and Practices**. New York, USA. Springer Publishing.

López, A., Piqué, M.T., Boatella, J., Parcerisa, J., Romero, A., Ferrá, A. and Garcí, J. 1997. Influence of Drying Conditions on the Hazelnut Quality: III. Browning. **Drying technology**. 15, 989-1002.

Lutfi, Z., Nawad, A., Alam, F., Hasnain, A. and Haider, S. Z. 2017. Influence of xanthan, guar, CMC and gum acacia on functional properties of water chestnut (*Trapa bispinosa*) starch. **International Journal of Biological Macromolecules**. 103, 220-225.

Moss, J.R. and Otten, L. 1989. A relationship between colour development and moisture content during roasting of peanuts. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**. 22(1), 34-39.

Newman, Y. 2013. **Pili nut marzipan**. Feast Magazine. July 2013(22). Available from: http://www.sbs.com.au/food/recipes/pili-nut-marzipan. [10 December 2016]

Njintang, N., Mbofung, C. and Kesteloot, R. 2007. Multivariate analysis of the effect of drying method and particle size of flour on the instrumental texture characteristics of paste made from two varieties of taro (*Colocasia esculenta L. Schott*) flour. **Food Engineering**. 81, 250-256.

Onuora, J.O. and King, R.D. 1983. Thermal transitions of melon seed proteins. **Food Chemistry**. 13(4), 309-316.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ozdemir, M. and Devres, O. 2000. Kinetics of color changes of hazelnuts during roasting. **Food Engineering**. 44, 31-38.

Razavi, S., Mohamad B.H.N. and Alaee Z. 2007. The time independent rheological properties of low fat sesame paste date syrup blends as a function of fat substitutes and temperature. **Food Hydrocolloids**. 21, 198-202.

Sharma, M., Kristo, E., Correrdig, M. and Duizer, L. 2017. Effect of hydrocolloid type on texture of pureed carrots: Rheological and sensory measures. **Food Hydrocolloids**. 63, 478-487.

Stafford, w. and Oke, O.L. 1977. Protein isolate from lesser known oilseeds from Nigeria. **Nutrition Reports International**. 16(6), 813-820.

Sun, Q., Wu, M., Bu, X. and Xiong, L. 2015. Effect of the amount and particle size of wheat fiber on the physicochemical properties and gel morphology of starches. **Wheat Fiber and Properties of Starches**. 1-11.

Westenbrink, S., Brunt, K. and Van der Kamp, J.W. 2013. Dietary fibre: challenges in production and use of food composition data. **Food Chemistry**. 140(3), 562-567.

WordPress Co. Ltd. 2017. **Bonding With Food: Caramelization**. Available from: https:// bondingwithfood.wordpress.com/tag/caramelization/. [25 June 2017]

Yada, S., Lapsley, K. and Huang, G. 2011. A review of composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients. **Food Composition and Analysis**. 24, 469–480.

Zeng, S., Liang, J., Zheng, B., Zhao, Y. and Lin, Y. 2007. Effects of different drying technology on the quality of lotus seed. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**. 23(5), 227-231.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์

ก1 การวิเคราะห์ทางเคมี

ก1.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity, A_w)

อุปกรณ์

1.) เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqua lab รุ่น 4TE)

2.) ตลับและฝาพลาสติกสำหรับเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

การเตรียมตัวอย่าง

1.) ใส่ตัวอย่างในตลับประมาณ 1/3 ของตลับหรือไม่เกินครึ่งหนึ่งของตลับเกลี่ยตัวอย่างให้ครอบคลุมทั่วตลับเพื่อประสิทธิภาพในการวัด

2.) ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าที่ขอบริมและด้านนอกของตลับวัดสะอาดห้ามมีตัวอย่างติดบริเวณตลับวัด

3.) ตัวอย่างควรมีอุณหภูมิใกล้เคียงหรือต่างกันไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิ chamber เครื่องวัด

การเปิดเครื่อง

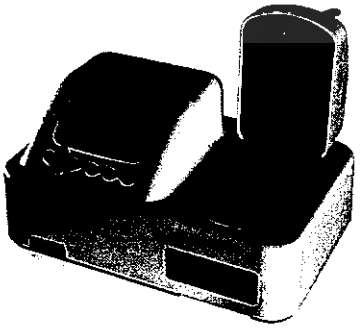
1.) เปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีเพื่อการวัดที่มีประสิทธิภาพสูง

2.) นำตลับวัด ใส่ลงในเครื่องระวังไม่ให้ให้ตัวอย่างหกหล่น

3.) ดันคันโยกไปในตำแหน่ง Open/Load ไปยังตำแหน่ง Read เครื่องจะเริ่มวัดค่า

4.) เมื่อเครื่องวัดเสร็จ (ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที) จะมีสัญญาณเตือนให้อ่านค่าและอุณหภูมิที่หน้าจอ

5.) เปลี่ยนคันโยกจากตำแหน่ง Read ไปยังตำแหน่ง Open/Load เพื่อนำตลับออก



ภาพภาคผนวกที่ ก1.1 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก1.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ก1.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

อุปกรณ์

1.) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น Halogen moisture analyzer

2.) จานอะลูมิเนียม (aluminium pan)

3.) โถดูดความชื้น (Desiccator)

4.) ปากคีบ (Tongs)

5.) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

การเตรียมอุปกรณ์ และการวิเคราะห์

1.) อบจานอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น

2.) เปิดเครื่อง Halogen moisture analyzer โดยเลือกโหมด ธัญพืช เลือกอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

3.) ชั่งตัวอย่างบดละเอียด 3 กรัม ใส่ในจานอะลูมิเนียม จากนั้น กดปุ่มเริ่ม (start) รอจนกระทั่งเครื่องหยุดทำการวิเคราะห์ และทำการจดค่าปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ได้

ภาพภาคผนวกที่ ก1.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก1.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1.) ถ้วยอะลูมิเนียม

2.) เครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.) เครื่องอบลมร้อน (Hot air dryer)

4.) โถดูดความชื้น (Desiccator)

การเตรียมอุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์

1.) อบถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาเพื่อจำกัดความความชื้นในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก (W_1) โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.) ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่กระป๋องหาความชื้นที่อบและชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว (W_2)

3.) นำกระป๋องหาความชื้นพร้อมฝาโดยเปิดฝาออกขณะอบไปอบที่ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

4.) นำกระป๋องหาความชื้นออกจากตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าโดยปิดฝาทันทีและทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

5.) นำไปอบต่อและนำมาชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่ (W_3)

6.) คำนวณหาปริมาณความชื้นหน่วยเป็นร้อยละ โดยสมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(W_2-W_3) \times 100}{(W_2-W_1)}$$

W_1 = น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้น (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก1.3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1.) เครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.) ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)

3.) เตาเผาไฟฟ้า (Muffle furnace)

4.) เตาไฟฟ้า (Hot plate)

5.) ปากคีบ (Tongs)

6.) โถดูดความชื้น (Desiccator)

การเตรียมอุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์

1.) เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_1)

2.) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้ว 2 กรัมใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง (W_2)

3.) เผาตัวอย่างบนเตาไฟฟ้าจนหมดควัน

4.) นำตัวอย่างไปเผาในเตาไฟฟ้าที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา

5.) ทิ้งให้ตัวอย่างเย็นมีอุณหภูมิลดลงในเตาไฟฟ้า จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง (W_3)

6.) คำนวณหาปริมาณเถ้าหน่วยเป็นร้อยละโดยสมการ ดังนี้

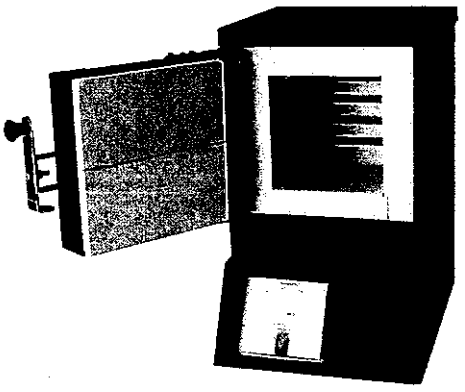
$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{(W_3-W_1) \times 100}{(W_2-W_1)}$$

W_1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ก1.3 เตาเผาไฟฟ้า

ก1.4 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาลห์ (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1.) เครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.) ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl apparatus) (ภาพที่)

3.) หลอดย่อยโปรตีน

4.) บิวเรต (burette) ขนาน 50 มิลลิลิตร

5.) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

6.) Boiling chip

สารเคมี

1.) กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. Sulfuric acid, H_2SO_4)

2.) กรดบอริก (Boric acid, H_3BO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 4 : เตรียมโดยการละลายกรดบอริก 4 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.) สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) 1 นอร์มัล : เตรียมโดยการปิเปตกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ปริมาตร 8.26 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นได้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

4.) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (Sodium hydroxide, NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 32 : โดยเตรียมจากการละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

5.) สารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) : เตรียมจากโพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulphate, K_2SO_4) ต่อคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulphate, $CuSO_4$) อัตราส่วน 9 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.) สารละลายอินดิเคเตอร์ : โดยการผสม เมทิลเรด (Methyl Red) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (ใน เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95) 100 มิลลิลิตร และ โบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (ใน เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95) 200 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1.) ชั่งตัวอย่าง 0.5-1.0 กรัม ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน (W)

2.) เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 200 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2-3 ลูก

3.) นำไปใส่ชุดวิเคราะห์โปรตีนในตู้ดูดควัน ทำการย่อยตัวอย่างจนกระทั่งได้สารละลายสีเขียวอมฟ้าใส

4.) นำหลอดย่อยมาพักไว้ให้สารละลายสีเขียวอมฟ้าใสเย็นลงในตู้ดูดควัน จนกว่าไอกรดจะระเหยหมด

5.) ทำการกลั่น ด้วยโซเดียมซัลเฟต โดยเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 32 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

6.) รองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วย ทำการกลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในขวดชมพู่ที่มีสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

7.) ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ (สารละลายสีเขียว) ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน และบันทึกปริมาณสารละลายที่ใช้ (A)

8.) ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-7 และบันทึกปริมาณสารละลายที่ใช้ (B)

9.) คำนวณหาปริมาณโปรตีนหน่วยเป็นร้อยละโดยสมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B) \times N \times 14.007 \times 6.25 \times 100}{W \times 1000}$$

A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับ blank

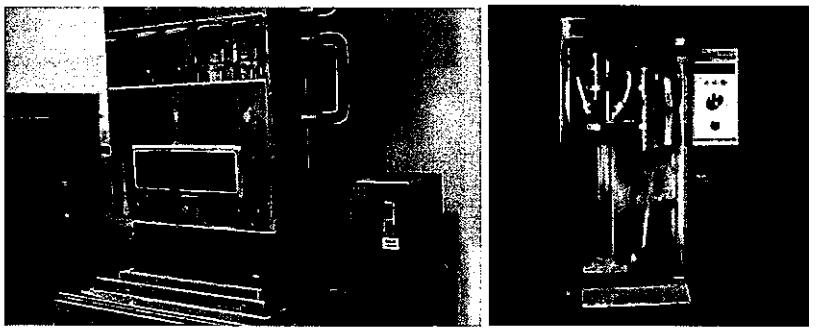
N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (นอร์มัล)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

14.007 = เลขอะตอมของไนโตรเจน

6.25 = ค่าเฟคเตอร์ของ ไนโตรเจน – โปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

ภาพภาคผนวกที่ ก1.4 เครื่องย่อยโปรตีน (ก) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (ข)

ก1.5 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1.) เครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.) ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus)

3.) ทิมเบิล (Thimble)

4.) บีกเกอร์ (Beaker)

5.) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

6.) โถดูดความชื้น (Desiccator)

7.) ปากคีบ (Tongs)

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)

การเตรียมอุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์

1.) อบ Bottom flask ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)

2.) ชั่งตัวอย่างบดละเอียด 5 กรัม (W) บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ลงในทิมเบิล

3.) เติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ 140-180 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ ทำการประกอบเข้ากับชุดสกัดไขมัน และทำการสกัดตามขั้นตอน

4.) เมื่อครบระยะเวลาในการสกัด นำบีกเกอร์มาระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก โดยการอบที่ 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น

5.) นำบีกเกอร์ที่เย็นแล้วมาชั่งน้ำหนักและจดบันทึก (W_2)

6.) คำนวณหาปริมาณไขมันหน่วยเป็นร้อยละโดยสมการ ดังนี้

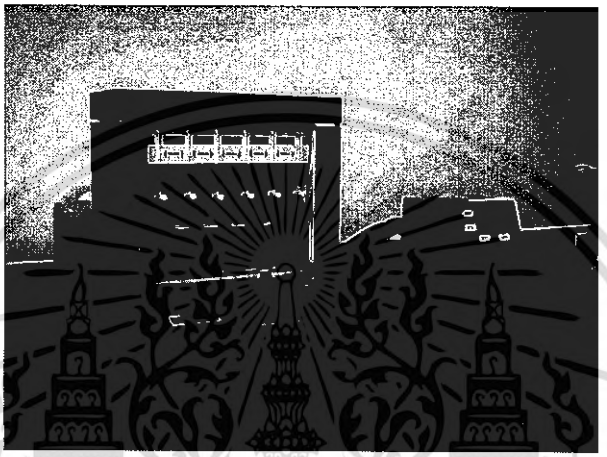
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของบีกเกอร์

W_2 = น้ำหนักของบีกเกอร์และน้ำมันที่ได้จากการสกัด (กรัม)



ภาพภาคผนวกที่ ก1.5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ก1.6 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1.) เครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.) เครื่องวิเคราะห์เส้นใยอาหาร (Fiber extraction apparatus)

3.) ถ้วยชนิดทนไฟ (Sinter glass crucible)

4.) ตัวกรอง (Filter) ขนาด 40-90 ไมโครเมตร

5.) เตาเผาไฟฟ้า (Muffle furnace)

6.) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

7.) ปากคีบ (Tongs)

สารเคมี

1.) กรดซัลฟูริก (H2SO4) เข้มข้น 0.0255 นอร์มัล (ร้อยละ 1.25) : ปิเปตกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 98.1 ปริมาตร 6.93 มิลลิลิตร หรือ ปิเปตกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 96 ปริมาตร 7.10 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1 ลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 นอร์มัล (ร้อยละ 1.25) : โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาณในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

3.) อะซีโดน (Acetone)

4.) n-Octanol

วิธีการทดลอง

1.) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แห้งและทำการสกัดน้ำมันออกแล้ว 1 กรัม ทำการจดบันทึกน้ำหนัก (W) ใส่ลงในถ้วยชนิดทนไฟ และต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์เส้นใยอาหาร ในส่วน Hot extraction unit

2.) เติมกรดซัลฟูริก 0.225 นอร์มัล ปริมาตร 150 มิลลิลิตร และ n-Octanol 2-3 หยด ลงในขวดย่อยตัวอย่าง และให้ความร้อนจนเดือด

3.) ลดอุณหภูมิและต้มต่อไป เป็นเวลา 30 นาที

4.) กรองกรดออก โดยการเลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง vacuum หรือ pressure

5.) ล้างส่วนของกากด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ปริมาตร 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง

6.) เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 นอร์มัล ปริมาตร 150 มิลลิลิตร และ n-Octanol 2-3 หยด ลงในขวดย่อยตัวอย่าง และให้ความร้อนจนเดือด

7.) ลดอุณหภูมิและต้มต่อไป เป็นเวลา 30 นาที

8.) กรองกรดออก โดยการเลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง vacuum หรือ pressure

9.) ล้างส่วนของกากด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ปริมาตร 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง

10.) ล้างกากที่เหลืออยู่ในถ้วยชนิดทนร้อนด้วยอะซีโตน ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และกรองให้แห้ง

11.) นำถ้วยชนิดทนไฟไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ทำการชั่งน้ำหนักและจดบันทึก (W_1)

12.) นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าเถ้าจะมีสีขาวหรือเทา ลดอุณหภูมิในเตาเผาไฟฟ้า ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ทำการชั่งน้ำหนักและจดบันทึก (W_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

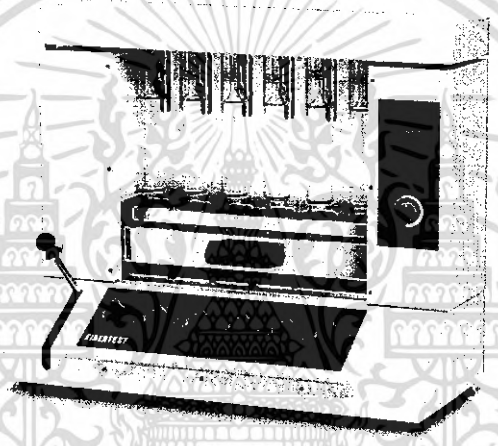
13.) คำนวณหาปริมาณเส้นใยหน่วยเป็นร้อยละโดยสมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)} = \frac{(W_1-W_2) \times 100}{W}$$

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของถ้วยชนิดทนไฟและกากหลังการอบแห้ง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถ้วยชนิดทนไฟและกากหลังการเผา (กรัม)



ภาพภาคผนวกที่ ก1.6 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

ก1.7 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

คำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตหน่วยเป็นร้อยละ โดยสมการ ดังนี้

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = 100-(M+A+P+L+F)

M = ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

A = ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)

P = ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)

L = ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)

F = ปริมาณเส้นใยอาหาร (ร้อยละ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก1.8 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value)

อุปกรณ์

1.) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.) ปิเปต (Pipette) ขนาด 5 และ 0.5 มิลลิลิตร

3.) ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 1000 มิลลิลิตร

4.) บิวเรต (บิวเรต (burette) ขนาน 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

1.) สารละลายของกรดอะซิติก (glacial acetic acid) และคลอโรฟอร์ม (Chloroform) ที่อัตราส่วน 3:2

2.) สารละลายโพแทสไอโอไดด์อิ่มตัว (Saturated KI solution): เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ มากเกินพอพอให้น้ำกลั่นต้มเดือด ทิ้งไว้ในเย็น มีตะกอนโพแทสเซียมไอโอไดด์ เก็บสารละลายในขวดสีชา ถ้าต้องการทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว ให้ปิเปตสารละลายมา 0.5 มิลลิลิตร ใส่ใน 30 มล.ของสารละลายผสมของกรดอะซีติก – คลอโรฟอร์ม หยดอินดิเคเตอร์สารละลายแป้ง 2 หยด ถ้ามีสีน้ำเงินและต้องใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$ $5H_2O$) 0.1 นอร์มัลมากกว่า 1 หยดเพื่อทำให้สีน้ำเงินหายไป ควรเตรียมสารละลายนี้ใหม่

3.) สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$ $5H_2O$) 0.1 นอร์มัล : เตรียมโดยละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 24.9 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ในน้ำกลั่นต้มเดือด และเจือจางเป็น 1 ลิตร ในขวดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.01 นอร์มัล เตรียมโดยปิเปต 0.1 นอร์มัล โซเดียมไทโอซัลเฟต 100 มิลลิตร เจือจางเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

4.) สารละลายแป้ง: เตรียมโดยละลายแป้ง 1 กรัม ในน้ำกลั่นต้มเดือด ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ถ้าต้องการเก็บสารละลายแป้งไว้ใช้ เติมกรดซาลิไซลิก (salicylic acid) 1.25 กรัมต่อลิตร และเก็บในตู้เย็น

วิธีการทดลอง

1.) ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5.00 ± 0.05 กรัม (blank ใช้น้ำกลั่น 5 มล.) ใส่ใน ขวดชมพู่ 250 มล. เติมสารละลายกรดอะซีติก – คลอโรฟอร์ม 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

2.) เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3.) เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) เติมละลายแป้ง 0.5 มิลลิลิตร ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล เขย่าอย่างแรงจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป ถ้าในกรณีที่มีปริมาณเปอร์ออกไซด์ต่ำ คือ ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัลน้อยกว่า 0.5 มิลลิลิตรให้ไทเทรตด้วยสารละลายไทโอซัลเฟต 0.01 นอร์มัล

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์} = \frac{(S - B) \times N \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มัล)

S = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิตร)

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต blank (มิลลิตร)

ตารางที่ ก1.1 การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ในผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมในการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เวลา (สัปดาห์)	ค่าเปอร์ออกไซด์ โดยรวมเริ่มต้น (C_{A0})	ค่าเปอร์ออกไซด์ โดยรวมที่ เปลี่ยนแปลงไป (C_A)	ทดสอบปฏิกิริยา อันดับ 1 ($\ln (C_A/C_{A0})$)	$1/C_A$	$1/C_{A0}$	$1/C_A - 1/C_{A0}$
0	0.0197	0.0197	0	50.7614	50.7614	0
1	0.0197	0.0198	0.0051	50.505	50.7614	-0.2564
2	0.0197	0.0263	0.289	38.0228	50.7614	-12.7386
3	0.0197	0.0296	0.4072	33.7838	50.7614	-16.9776
4	0.0197	0.0298	0.4139	33.557	50.7614	-17.2044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1.2 การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ในผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมในการเก็บที่อุณหภูมิห้อง

เวลา (สัปดาห์)	ค่าเปอร์ออกไซด์ โดยรวมเริ่มต้น (C_{A0})	ค่าเปอร์ออกไซด์ โดยรวมที่ เปลี่ยนแปลงไป (C_A)	ทดสอบปฏิกิริยา อันดับ 1 ($\ln (C_A/C_{A0})$)	$1/C_A$	$1/C_{A0}$	$1/C_A - 1/C_{A0}$
0	0.0197	0.0197	0	50.7614	50.7614	0
1	0.0197	0.0494	0.9193	20.2429	50.7614	-30.3324
2	0.0197	0.0718	1.2933	13.9276	50.7614	-36.8338
3	0.0197	0.0832	1.4406	12.0192	50.7614	-38.7422
4	0.0197	0.122	1.8234	8.1967	50.7614	-42.5647

ก2 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก2.1 การวิเคราะห์ค่าสี (L^*, a^*, b^*)

การวัดสีระบบ CIE ด้วยเครื่อง Minolta รุ่น CR 400 โดยจะให้ค่า L^* เป็นค่าความสว่าง (lightness) ค่า a^*เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (redness / greenness) และค่าสี b^*เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness / blueness)

โดยที่ค่า L^* คือ ค่าแสดงความสว่างของสีมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 กรณีถ้าค่า L^* น้อย หมายถึง มีค่าความสว่างน้อยหรือมีสีคล้ำ (darkness) แต่ถ้าค่า L^* มาก หมายถึงมีค่าความสว่างมาก (lightness)

ค่า a^* คือ ค่าแสดงความเป็นสีแดงและสีเขียว (redness / greenness) กรณีถ้าค่า a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงสีแดงและถ้าค่า a^* เป็นลบ หมายถึงสีเขียว

ค่า b^* คือ ค่าแสดงความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness / blueness) กรณีถ้าค่า b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงสีเหลืองและถ้าค่า b^*มีค่าเป็นลบหมายถึงสีน้ำเงิน

ก่อนทำการวัดค่าสีทุกครั้งต้องทำการเปรียบเทียบความเที่ยงตรงของค่าสีด้วย standard calibration plate ตั้งค่า illuminant เท่ากับ C ทำการวัดตัวอย่างโดยใช้หัววัดสีวางทาบลงบนตัวอย่าง อ่านค่าแสดงผลการวัดค่าสีทำการวัด 9 ซ้ำ จดบันทึกแล้วหาค่าเฉลี่ย

ก2.2 การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพน

ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA.XT plus ด้วยหัววัด Cylinder probes 35 mm (P/35) โดยใช้สภาวะ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TA.XT plus Setting Mode	: Texture Profile Analysis (TPA)
Option	: Return to start
Pre – test speed	: 1.0 mm/s
Test speed	: 5.0 mm/s
Post –test speed	: 1.0 mm/s
Stain	: 80 %
Trigger type	: Button
Data Acquisition Rate	: 400 pps

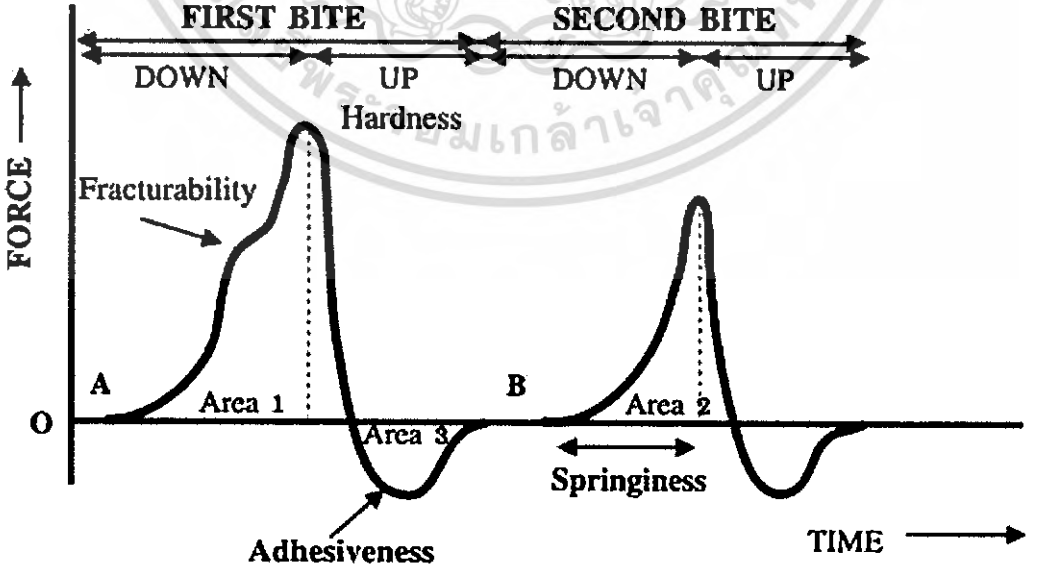
ตัวอย่างกราฟการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพน แสดงดังภาพภาคผนวกที่ ก2.1

ทำการวัดค่าดังต่อไปนี้

1.) ค่าความแข็ง (hardness) หมายถึง ค่าแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกด (maximum force) หรือเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก มีหน่วยเป็นหน่วยของแรง เช่น นิวตัน (N)

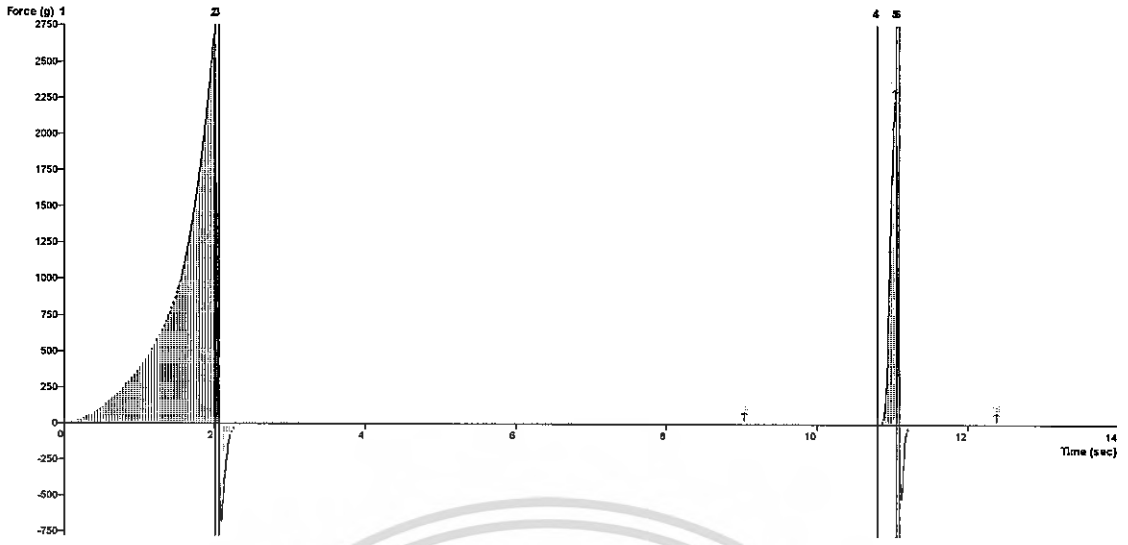
2.) ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) หมายถึง งานที่จำเป็นในการดึงหัววัด หรือหัวกดออกจากตัวอย่าง หรืออาหาร มีหน่วยเป็นแรงคูณด้วยเวลา เช่น นิวตัน.วินาที (N.s) บางครั้งเรียก stickiness

3.) ค่าการเกาะตัวเป็นพลังงานยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร หาได้จาก อัตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่เป็นค่าบวกของการกดครั้งที่ 2 (Area 2) และครั้งที่ 1 (Area 1)

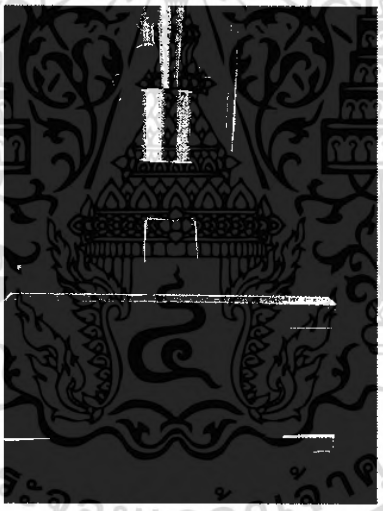


ภาพภาคผนวกที่ ก2.1 กราฟแสดงการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TPA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ก2.2 กราฟแสดงการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TPA) ของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพน



ภาพภาคผนวกที่ ก2.3 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชิแพน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก3 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ก3.1 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี (total plate count, TPC) (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1.) จานเพาะเชื้อ (petri dish)

2.) หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตรพร้อมฝาปิด (test tube)

3.) ไมโครปิเปต

4.) ตู้บ่มเชื้อ

5.) หม้อนึ่งความดัน

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1.) อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar

2.) 0.1 % peptone

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ (plate count agar, PCA) ปริมาณ 23.5 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

การเตรียมสารละลายสำหรับเจือจาง

เตรียมสารละลายเปปโตนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยทำการชั่งเปปโตนปริมาณ 50 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร

วิธีการ

1.) ชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม ใส่ลงไปในถุงปลอดเชื้อโดยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) แล้วเติม peptone water ลงไป 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Vortex mixer) จะได้สารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1: 10 หรือ 10^{-1}

2.) ใช้ปิเปดดูดสารละลายจากข้อ 1 ในปริมาตร 1 มิลลิลิตร ของการเจือจางที่ 10^{-1} เท่าถึง 10^{-5} เท่าลงใน petri dish

3.) ให้เทอาหาร (plate count agar, PCA) ที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส แล้วทำการผสมให้เข้ากันโดยการหมุนจานเป็นวงกลมอย่างช้าๆ ทิ้งให้อาหารแข็งตัว

4.) นำ petri dish ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

5.) นับจำนวนโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละความเจือจาง (30 - 300 โคโลนี)

6.) คำนวณเชื้อจุลินทรีย์เป็น (log CFU / ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจนับโคโลนีและการรายงานผล

ภายหลังจากบ่มจานเพาะเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ทำการตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30 - 300 โคโลนี หาค่าจำนวนโคโลนีเฉลี่ยจากทั้งสองจานเพาะเชื้อรายงานตรวจนับในหน่วยจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (CFU / g)

ก3.2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold) (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1.) จานเพาะเชื้อ (petri dish)

2.) หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตรพร้อมฝาปิด (test tube)

3.) ไมโครปิเปต

4.) ตู้บ่มเชื้อ

5.) หม้อนึ่งความดัน

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1.) อาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Glycerol (DG18) agar

2.) 0.1 % peptone

3.) 10 % tartalic acid

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Glycerol (DG18) agar ปริมาณ 39.0 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปรับความเป็นกรดด่าง ของอาหารเลี้ยงเชื้อให้มีค่าเท่ากับ 3.5 โดยการเติม 10 % tartalic acid ลงไป

การเตรียมสารละลายสำหรับเจือจาง

เตรียมสารละลายเปปโตนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยทำการชั่งเปปโตนปริมาณ 50 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร

วิธีการ

1.) ชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม ใส่ลงไปในถุงปลอดเชื้อโดยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) แล้วเติม peptone water ลงไป 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Vortex mixer) จะได้สารละลาย

2.) ใช้ปิเปตดูดสารละลายจากข้อ 1 ในปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Vortex mixer) จะได้สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ตัวอย่างที่เจือจาง 1: 100 หรือ 10^{-2} จนได้ระดับเจือจางของสารละลายตัวอย่างที่ต้องการ สารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1: 100 หรือ 10^{-1} ปิเปต 1 มิลลิลิตร ของการเจือจางที่ 10^{-1} เท่าถึง 10^{-5} เท่าลงใน Petri dish

4.) ให้เทอาหาร Dichloran Glycerol (DG 18) Agar ที่อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส แล้วทำการผสมให้เข้ากันโดยการหมุนจานเป็นวงกลมอย่างช้าๆ ทิ้งให้อาหารแข็งตัว

5.) นำ petri dish ไปบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 - 5 วัน

6. นับจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละความเจือจาง (30 - 300 โคโลนี)

7. คำนวณเชื้อจุลินทรีย์เป็น (log CFU / ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ข1 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน

ชื่อผลิตภัณฑ์ มาร์ซิแพน

ผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำอธิบาย โปรดพิจารณาลักษณะปรากฏ ดมกลิ่น ปั้นและชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตามลำดับ และให้คะแนนความชอบตามที่ท่านรู้สึกต่อผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาจากปัจจัยคุณภาพด้านล่าง โดยการให้คะแนนความชอบตามเกณฑ์คะแนนที่กำหนดให้ ดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

ปัจจัยคุณภาพ					
ลักษณะปรากฏ					
กลิ่นหืน					
ความแข็ง					
การเกาะตัว					
ความหวาน					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข2 แบบทดสอบความพอดีของผลิตภัณฑ์

ชื่อผลิตภัณฑ์ มาร์ซิแพน

ผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำอธิบาย โปรดพิจารณาลักษณะปรากฏ ดมกลิ่น ปั้นและชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตามลำดับ โดยใช้ผลิตภัณฑ์ C เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา จากนั้นจึงทดสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างและระบุความพอดีของผลิตภัณฑ์ตามที่ท่านรู้สึกในแต่ละปัจจัยคุณภาพ

รหัสตัวอย่าง ____

ปัจจัยคุณภาพ	ความพอดี		
	น้อยไป	พอดี	มากไป
ลักษณะปรากฏ			
ความแข็ง			
กลิ่น			
ความหวาน			
การเกาะตัว			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนยถั่ว

มผช.๑๐๑๒/๒๕๔๘

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเนยถั่วที่มีถั่วลิสงเป็นส่วนประกอบหลัก บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

เนยถั่ว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำถั่วลิสงเลาะเปลือกมาทำให้สะอาด ทำให้สุกโดยใช้ความร้อนบดหรือปั่นให้ละเอียด นำไปให้ความร้อนอีกครั้ง เติมส่วนประกอบอื่น เช่น น้ำตาล เกลือ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ น้ำมันพืช สารทำให้คงสภาพ ผสมให้เข้ากัน อาจแต่งสี กลิ่น หรือกลิ่นรส บรรจุในภาชนะบรรจุขณะร้อน แล้วทำให้เย็นทันที ใช้ทาขนมปังหรือผสมในอาหารและเครื่องดื่ม

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลวข้น ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน อาจมีชิ้นหยาบของถั่วลิสงที่ใช้ปนอยู่บ้างเล็กน้อยหรือมีชิ้นส่วนของส่วนประกอบอื่นกระจายอย่างสม่ำเสมอ ไม่แยกชั้นหรือจับตัวเป็นก้อน อาจมีน้ำมันลอยอยู่ได้บ้างเล็กน้อย

3.2 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของเนยถั่ว

3.3 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของเนยถั่ว ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม

3.4 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.5 ค่าเพอร์ออกไซด์

ต้องไม่เกิน ๓๐ มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม

3.6 อะฟลาทอกซิน

ต้องไม่เกิน ๒๐ ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การเตรียมผงเมล็ดพืชน้ำมันและมาร์ชิแพน

ง1 การเตรียมผงเมล็ดพืชน้ำมัน

ง1.1 การเตรียมเมล็ดพืชน้ำมัน

อุปกรณ์

1.) หม้อสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ความสูง 5 นิ้ว

2.) อ่างสแตนเลส ขนาด 20 นิ้ว

3.) กระชอนสแตนเลส

วิธีการ

1.) ต้มเมล็ดพืชน้ำมัน (เมล็ดแตงโมดิบหรือเมล็ดถั่วดาวอินคา) ที่กะเทาะเปลือกในน้ำเดือด นาน 20 นาที โดยใช้หม้อสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ความสูง 5 นิ้ว โดยมีอัตราส่วนของเมล็ด 1 กิโลกรัมต่อน้ำกรอง 3 ลิตร

2.) แช่เมล็ดพืชน้ำมันในน้ำเย็นผสมน้ำแข็ง นาน 3 นาที จากนั้นสะเด็ดน้ำออก (สไลด์เมล็ดถั่วดาวอินคาเป็นแผ่นบางขนาด 2 มิลลิเมตรด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (Food processer))

3.) อบแห้งเมล็ดแตงโมหรือเมล็ดถั่วดาวอินคาสไลด์ ด้วยเครื่องแบบลมร้อนแบบถาด โดยกำหนดปริมาณเมล็ดแตงโม 250 กรัม ต่อ 1 ถาด (ขนาด 63 x 80 เซนติเมตร) ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 270 นาที และทำการสุ่มตัวอย่างทุก 30 นาที (0-270 นาที)

ง1.2 การทำผง

อุปกรณ์

1.) เครื่องร่อน และตะแกรงร่อนขนาด 700, 630 และ 560 ไมโครเมตร

2.) เครื่องซีลร้อนแบบสุญญากาศ

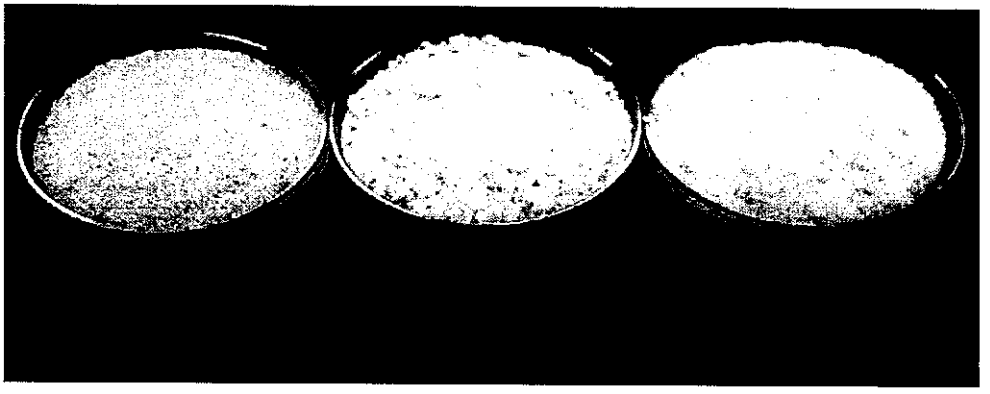
วิธีการ

1.) ปั่นเมล็ดแตงโมอบแห้งหรือเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้ง ด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (food processer) ปริมาณ 200 กรัม (ต่อครั้ง) โดยใช้โถปั่นของแห้งด้วยความเร็วสูงสุด นาน 1 นาที

2.) ร่อนโดยใช้เครื่องร่อน ด้วยตะแกรงขนาด 700, 630 และ 560 ไมโครเมตร ตามลำดับ

3.) เก็บรักษาผงเมล็ดพืชที่ผ่านการแยกขนาดของผงแล้ว ในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ง1.1 ผงเมล็ดแตงโมที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

ภาพภาคผนวกที่ ง1.2 ผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

ง2 การทำมาร์ซิแพน

อุปกรณ์

1.) เครื่องตีผสม

2.) อ่างสแตนเลส ขนาด 20 นิ้ว

3.) กระชอนสแตนเลส

4.) ไม้พาย

ง2.1 การเตรียมน้ำตาลทรายบดละเอียด

ปั่นน้ำตาลทราย 200 กรัม ในโถปั่นของแห้งของเครื่องปั่นผสมอาหาร (food processer) ด้วยความเร็วสูงสุด นาน 2 นาที ร่อนน้ำตาลทรายบดละเอียดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 250 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง2.2 การเตรียมเมอแรงค์ไข่ขาว

ตีไข่ขาว 100 กรัม ด้วยเครื่องตีผสม ด้วยหัวตีแบบตะกร้อ ด้วยความเร็วสูงสุด นาน 5 นาทีจนตั้งยอดแข็ง

ง2.3 ขั้นตอนการทำมาร์ซิแพน

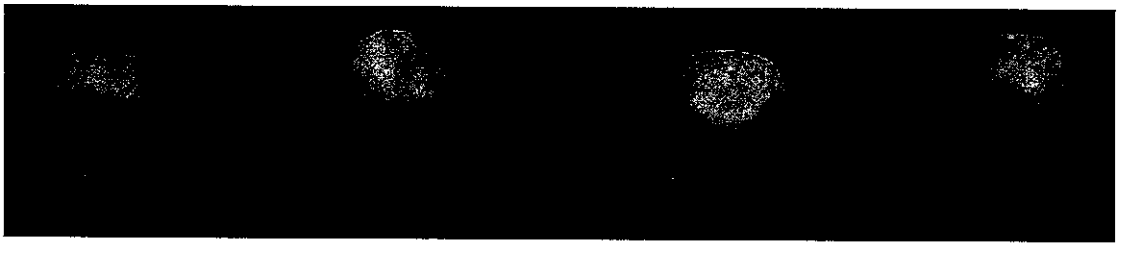
1.) ร่อนผงเมล็ดแดงโมหรือผงเมล็ดถั่วดาวอินคาร่วมกับน้ำตาลทรายบดละเอียดลงในอ่างผสม

2.) เติมเมอแรงค์ไข่ขาวลงในส่วนผสม และทำการปั่นส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสม ที่ความเร็วระดับ 4 (ปานกลาง) นาน 5 นาที ด้วยหัวตีใบพาย

3.)ตะล่อมส่วนผสมด้วยพายยางให้เข้ากันจนสามารถขึ้นรูปเป็นก้อน เก็บมาร์ซิแพนในถุงพลาสติกในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

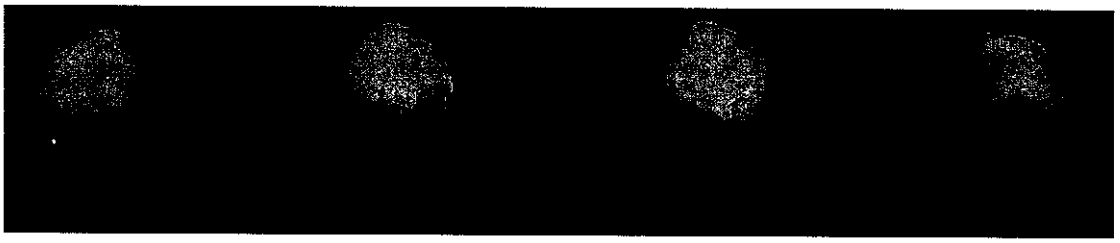
ภาพภาคผนวกที่ ง2.1 มาร์ซิแพนทางการค้า (ก) มาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแตงโม (≤560 ไมโครเมตร) (ข) และมาร์ซิแพนจากถั่วดาวอินคา (≤560 ไมโครเมตร) (ค)

ภาพภาคผนวกที่ ง2.2 มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมเพิ่ม Corn starch แต่ละระดับความเข้มข้น



ภาพภาคผนวกที่ ง2.3 มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมเพิ่ม Guar gum แต่ละระดับความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ง2.4 มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเพิ่ม Xanthan gum แต่ละระดับความเข้มข้น

ภาพภาคผนวกที่ ง2.5 มาร์ชิแพนจากเมล็ดแตงโมเพิ่ม Arabic gum แต่ละระดับความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล	นางสาวลักษมณ อยู่ศิริ
วัน เดือน ปีเกิด	16 สิงหาคม 2532 จังหวัดนนทบุรี
ที่อยู่	17 ซอยสามมัคคี 60/2 ถนนสามัคคี ตำบล ท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ. 2554 จบการศึกษาหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร - พ.ศ. 2556 ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและสำเร็จการศึกษาในปี 2561
การนำเสนอผลงาน	- นำเสนอผลงานด้วยโปสเตอร์ เรื่อง **Influence of drying condition and powder particle size of watermelon seed and sacha inchi seed in making marzipan** ในงานประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับนานาชาติ Food Innovation Asia Conference 2017 (FIAC 2017) ครั้งที่ 19 ณ ศูนย์การประชุมไบเทค เขตบางนา กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้