



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์ซิเพนโดยใช้ผงเมล็ดแตงโมและ
ผงเมล็ดถั่วดาวอินคาแทนผงอัลมอนด์

The development of Marzipan product using by the watermelon seed and
the sacha inchi seed powders for substitution of almond power

นาง นภัทรพี เหลืองสกุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2559

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

**การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนโดยใช้ผงเมล็ดแตงโมและ
ผงเมล็ดถั่วดาวอินคาแทนผงอัลมอนด์**

**The development of Marzipan product using by the watermelon seed and
the sacha inchi seed powders for substitution of almond power**

นาง นภัสรพี เหลืองสกุล

b00267972

RC00112

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2559

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนโดยใช้ผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาแทนผงอัลมอนต์
แหล่งเงินทุน	เงินรายได้คณะอุตสาหกรรมเกษตร ประจำปีงบประมาณ 2559
ระยะเวลาทำการวิจัย	1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2559 ถึง กันยายน 2560
หัวหน้าโครงการ	ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล
หน่วยงานต้นสังกัด	คณะอุตสาหกรรมเกษตร

บทคัดย่อ

มาร์ซิแพนเป็นของหวานชนิดหนึ่งซึ่งมีอัลมอนต์บด น้ำตาลทรายบดละเอียด และเมอร์แรงค์หรือน้ำผึ้ง เป็นส่วนประกอบ โดยมักใช้มาร์ซิแพนใช้เพื่อการตกแต่งเค้กหรือเป็นไส้ของขนมอบ และเนื่องจากอัลมอนต์จัดอยู่ในอาหารที่อาจก่อให้เกิดอาการแพ้ (allergic food) การทดแทนเมล็ดอัลมอนต์ด้วยเมล็ดพืชชนิดอื่นที่ไม่ก่อให้เกิดการแพ้จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาทดแทนอัลมอนต์ในการทำมาร์ซิแพน โดยเริ่มจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาเทียบกับอัลมอนต์ พบว่า เมล็ดแดงโมปริมาณของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 27.59, 40.99 และ 23.90 ตามลำดับ และเมล็ดถั่วดาวอินคาปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 24.42, 43.36 และ 22.75 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับอัลมอนต์จึงสามารถทดแทนการใช้อัลมอนต์ในมาร์ซิแพนได้ จากนั้นศึกษาสภาวะการอบแห้งแบบลมร้อน (อุณหภูมิ 40-80 องศาเซลเซียส นาน 0-270 นาที) พบว่า เมล็ดแดงโมอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 210 นาที และเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้งที่ 40 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้ง และการศึกษาขนาดอนุภาคของผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคา (<560, 560-630 และ 630-700 ไมโครเมตร) ต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพน พบว่า การลดลงของขนาดอนุภาคมีผลทำให้ค่าความแข็ง (hardness) และค่าการเกาะตัว (cohesiveness) ของมาร์ซิแพนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกผงเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีขนาดอนุภาค <560 ไมโครเมตร มาใช้ในการทำมาร์ซิแพนแล้วทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกเมล็ดแดงโมหรือเมล็ดถั่วดาวอินคาที่จะเหมาะสมในการทดแทนอัลมอนต์ ผลคือ มาร์ซิแพนจากเมล็ดแดงโม มีคะแนนการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

ด้านลักษณะปรากฏ ด้านกลิ่นฉุน และความชอบโดยรวมมากกว่ามาร์ซิแพนจากถั่วดาวอินคา จึงเลือกใช้ผงเมล็ดแดงโมในการปรับปรุงคุณภาพของมาร์ซิแพน จากนั้นผงเมล็ดแดงโมขนาด <math>< 560 \text{ ไมโครเมตร}</math> ถูกเลือกมาใช้ในการทำมาร์ซิแพน โดยเลือกจากผลการการประเมินทางประสาทสัมผัสและการวัดระดับความพอดีของมาร์ซิแพน จากผลคะแนนของมาร์ซิแพน พบว่า คะแนนลักษณะปรากฏ และกลิ่นฉุนอยู่ในช่วงระดับพอดี (JAR) เท่ากับร้อยละ 95 คะแนนความแข็งและการเกาะตัวอยู่ในช่วงระดับที่น้อยไป (less than JAR) เท่ากับร้อยละ 100 และ 70 ตามลำดับ และมีคะแนนความหวานอยู่ในช่วงระดับที่มากไป (more than JAR) ร้อยละ 95 จากนั้นปรับปรุงคุณภาพของมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแดงโมด้วยการทดลองแบบผสม (Mixture design) เพื่อหาปริมาณส่วนประกอบที่ทำมาร์ซิแพนที่เหมาะสม พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของมาร์ซิแพน คือ ผงเมล็ดแดงโมร้อยละ 58.44 น้ำตาลทรายบดละเอียดร้อยละ 26.83 และเมอร์แรงค์ร้อยละ 14.73 โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าการทำนายและค่าการทดสอบพบว่า ค่าการทดสอบที่ได้มีค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าการเกาะตัวที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าการทำนาย และมีค่าปริมาณความชื้น ค่าความแข็ง ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสมากกว่าค่าทำนาย จากนั้นปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้านการเกาะตัวของมาร์ซิแพนด้วยไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ คอรัลสตาร์ช กัวร์กัม แชนแทนกัม และอะราบิกกัม ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า มาร์ซิแพนที่เพิ่มแชนแทนกัมร้อยละ 0.02 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) มีค่าการเกาะตัวมากที่สุดจึงนำมาร์ซิแพนที่ได้มาศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนพบว่า มาร์ซิแพนที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสมีค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวของมาร์ซิแพนการลดลงน้อยกว่า มาร์ซิแพนที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบการเจริญของจุลินทรีย์และยีสต์และราในมาร์ซิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่อายุการเก็บ 4 สัปดาห์ แต่ไม่พบการเจริญของยีสต์และราในมาร์ซิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่อายุการเก็บ 4 สัปดาห์ และเมื่อคำนวณอายุการเก็บรักษาของมาร์ซิแพนโดยการตรวจสอบค่าเปอร์ออกไซด์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และคำนวณอายุการเก็บรักษาโดยใช้สมการของอาร์เรเนียส (Arrhenius Equation) พบว่า มาร์ซิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 18 และ 56 สัปดาห์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: เมล็ดแดง โม, เมล็ดถั่วดาวอินคา, มาร์ซิแพน, สารเพิ่มความข้นหนืด, อายุการเก็บรักษา

Research Title The development of Marzipan product using by the watermelon seed and the sacha inchi seed powders for substitution of almond power

Researcher Dr.Naphatrapi Luangsakul

Faculty Faculty of Agro-Industry

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 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 hydrocolloids (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.

Keyword: Watermelon seeds, Sacha inchi seeds, Marzipan, Thickening agent, Shelf life

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนเงินรายได้ของคณะอุตสาหกรรมเกษตร ประจำปีงบประมาณ 2559 ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อการสนับสนุนโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์ชชีเพน โดยการใช้ผงเมล็ดแดง โมและผงเมล็ดถั่วคาวอินคาแทนผงอัลมอนต์

ศศ.ดร. นภัสรพี เหลืองสกุล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ	34
บทที่ 4 ผลการทดลอง	47
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	87
บทที่ 6 ผลผลิตงานวิจัย	89
เอกสารอ้างอิง	92
ภาคผนวก	99
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์	100
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	117
ภาคผนวก ค มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนยถั่ว	119
ภาคผนวก ง การเตรียมผงเมล็ดพืชน้ำมันและมาร์ชชีเพน	121
ประวัติผู้วิจัย	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของเมล็ดแดงโม	8
ตารางที่ 2.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของถั่วดาวอินคา	10
ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของไข่	10
ตารางที่ 2.4 Foaming power ของโปรตีนที่มีคุณสมบัติเกิดโฟมในอาหาร	13
ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล	18
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของมาร์ชชีแพน	39
ตารางที่ 3.2 การวางแผนการทดลองแบบ Central composition design (CCD)	42
ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนต์ เมล็ดแดงโม และเมล็ดถั่วดาวอินคา	47
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ชชีแพนจากผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคา แต่ละขนาดอนุภาค	58
ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชชีแพน จากเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา	59
ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินระดับความพอดี (3 points Just About Right : JAR) ของมาร์ชชีแพน จากเมล็ดแดงโม (n=20)	60
ตารางที่ 4.5 การออกแบบสิ่งทดลองและส่วนผสมกลาง และค่าการตอบสนองปัจจัยต่างๆ	62
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการตอบสนองของปัจจัยต่างๆ	65
ตารางที่ 4.7 สมการทำนายจากความสัมพันธ์แต่ละปัจจัย	66
ตารางที่ 4.8 การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ชชีแพน	70
ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการทำนายและค่าจริงของการวิเคราะห์แต่ละปัจจัย	71
ตารางที่ 4.10 ผลทางกายภาพของมาร์ชชีแพนจากสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ที่ระดับความ เข้มข้นต่างๆ	74

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.11 ผลทางทดสอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชชีแพนจาก สารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (n=20)	76
ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีของมาร์ชชีแพนทางการค้าและมาร์ชชีแพนจากเมล็ดแดงโม	77
ตารางที่ 4.13 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพนจากเมล็ดแดงโมที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์	80
ตารางที่ 4.14 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพนจากเมล็ดแดงโมที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์	80
ตารางที่ 4.15 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสราของผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพนจากเมล็ดแดงโม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์	81
ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชชีแพน ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (n=20)	83
ตารางที่ 4.17 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชชีแพน ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (n=20)	83
ตารางภาคผนวกที่ ก1.1 การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ในผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพนจาก เมล็ดแดงโมในการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	111
ตารางภาคผนวกที่ ก1.2 การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ในผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพนจาก เมล็ดแดงโมในการเก็บที่อุณหภูมิห้อง.....	112

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 Marzipan (Almond marzipan)	6
ภาพที่ 2.2 Perzipan (Peach marzipan)	7
ภาพที่ 2.3 Pistazienmerzipan (Pistachio marzipan)	7
ภาพที่ 2.4 แดงโมพันธุ์เมล็ด และ เมล็ดแดง โมกะเทาะเปลือก	8
ภาพที่ 2.5 ถั่วดาวอินคา และเมล็ดถั่วดาวอินคากะเทาะเปลือก	9
ภาพที่ 2.6 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาการแม่ไลเซชัน	15
ภาพที่ 2.7 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด	16
ภาพที่ 3.1 โบรมีดหั่นสไลด์	36
ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการร่อนแยกขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงร่อน	38
ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (ร้อยละ) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแดง โม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)	48
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระในอาหาร และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแดง โม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)	50
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแดง โม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)	51
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแดง โม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)	53
ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลือง (b*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแดง โม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)	53
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index, BI) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแดง โม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.7 แผนภาพคอนทัวร์พล็อตของปริมาณผงเมล็ดแดง โม (A) น้ำตาลทรายบดละเอียด (B) และเมอร์แรงค์ไข่ขาว (C) ต่อปริมาณความชื้น (ก) ปริมาณน้ำอิสระ (ข) ค่าความแข็ง (ค) ค่าการเกาะพื้นผิว (ง) และค่าการเกาะตัว (จ) ของมาร์ซิแพน	67
ภาพที่ 4.8 แผนภาพคอนทัวร์พล็อตแสดงผลของปริมาณผงเมล็ดแดง โม (A) น้ำตาลทรายบดละเอียด (B) และเมอร์แรงค์ไข่ขาว (C) ต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ (ก) กลิ่นรส (ข) ความแข็ง (ค) การเกาะตัว (ง) ความหวาน (จ) และความชอบโดยรวม (ฉ) ของมาร์ซิแพน	69
ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดงโม เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เทียบกับอายุการเก็บรักษาที่ลำดับ ปฏิกริยาอันดับหนึ่งที่มีการลากเส้นตรงต่อไปจนตัดค่า $\ln(C_A/C_{A0})$ ที่แกน $y = 7.328$ มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 56 สัปดาห์	85
ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดงโม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เทียบกับอายุการเก็บรักษาที่ลำดับ ปฏิกริยาอันดับหนึ่งที่มีการลากเส้นตรงต่อไปจนตัดค่า $\ln(CA/CA0)$ ที่แกน $y = 7.328$ มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 18 สัปดาห์	86
ภาพภาคผนวกที่ ก1.1 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ	100
ภาพภาคผนวกที่ ก1.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น	101
ภาพภาคผนวกที่ ก1.3 เตาเผาไฟฟ้า	104
ภาพภาคผนวกที่ ก1.4 เครื่องย่อยโปรตีน (ก) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (ข)	106
ภาพภาคผนวกที่ ก1.5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	107
ภาพภาคผนวกที่ ก1.6 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย	109
ภาพภาคผนวกที่ ก2.1 กราฟแสดงการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน	113
ภาพภาคผนวกที่ ก2.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน	114
ภาพภาคผนวกที่ ง1.1 ผงเมล็ดแดงโมที่ขนาดอนุภาคต่างๆ	122
ภาพภาคผนวกที่ ง1.2 ผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ขนาดอนุภาคต่างๆ	122

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพภาคผนวกที่ ง2.1 ภาพของมารีชีแพนทางการค้า (ก) มารีชีแพนจากเมล็ดเตงโม (ข) มารีชีแพนจากถั่วคาวอินคา	123
ภาพภาคผนวกที่ ง2.2 มารีชีแพนจากเมล็ดเตงโมเพิ่มคอร์นสตาร์ชแต่ละระดับความเข้มข้น	124
ภาพภาคผนวกที่ ง2.3 มารีชีแพนจากเมล็ดเตงโมเพิ่มกัวร์กัมแต่ละระดับความเข้มข้น	124
ภาพภาคผนวกที่ ง2.4 มารีชีแพนจากเมล็ดเตงโมเพิ่มแซนแทนกัมแต่ละระดับความเข้มข้น	124
ภาพภาคผนวกที่ ง2.5 มารีชีแพนจากเมล็ดเตงโมเพิ่มอะราบิกกัมแต่ละระดับความเข้มข้น	124



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

มาร์ชแพน คือของหวานที่เกิดจากการผสมอัลมอนด์บด (almond ground) น้ำตาลป่น (powdered sugar) และไข่ขาว (egg white) หรือ น้ำผึ้ง (honey) เข้าด้วยกันจนเป็นก้อน ในปี ค.ศ. 1806 มีการผลิต มาร์ชแพนเชิงพาณิชย์ครั้งแรก ณ เมืองลูเบค (Lübeck) ประเทศเยอรมัน (German food guide, 2015) มาร์ชแพนนิยมใช้ขึ้นเป็นรูปร่างต่างๆ หรือห่อหุ้มผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ขนมอบหรือขนมหวาน หนึ่งในเมล็ดพืชน้ำมันที่นิยมนำมามาร์ชแพน คือ อัลมอนด์ ซึ่งมักถูกใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลาย เช่น เบเกอรี่ ช็อคโกแลต และผลิตภัณฑ์ขนมหวาน (Alasalvar และ Shahidi, 2009) แต่เนื่องจากสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญของอัลมอนด์ จึงทำให้ในหลายประเทศมีการใช้พืชน้ำมันชนิดอื่นมาทดแทนอัลมอนด์ในการทำมาร์ชแพนและผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับมาร์ชแพนยกตัวอย่างเช่น ประเทศกลุ่มยุโรปมีการใช้ ถั่วพิสตาชิโอ (pistachio) เมล็ดพีช (peach seed) แมคคาเดเมีย (macadamia) และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ (cashew seed) ในประเทศกลุ่มตะวันออกกลางมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวโอ๊ตบด (oatmeal) เฟรีนา (ferina : hard wheat endospore) หรือ เซโมลินา (semolina : durum wheat endospore) เรียกว่า Lozina (German food guide, 2015) ในประเทศกลุ่มเอเชีย เช่น ประเทศฟิลิปปินส์มีการใช้ถั่วพิลลิ (pilli nut) ในการทำมาร์ชแพน (Newman, 2013) แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้พืชน้ำมันที่มีในพื้นที่ในการทำมาร์ชแพน

ปัจจุบันทั่วโลกพบผู้ป่วยโรคที่เป็นภูมิแพ้อาหาร (food allergy) เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอาการแพ้อาหารในกลุ่ม Tree nut allergy นอกจากอัลมอนด์แล้วยังรวมถึง บราซิลนัท (brazil nut) เฮเซลนัท (hazelnut) วอลนัท (walnut) และพีแคน (pecan) เป็นต้น แม้ว่าการศึกษาพบว่าถั่วในกลุ่มนี้ไม่ทำให้เกิดอาการแพ้อย่างรุนแรงเมื่อเทียบกับถั่วลิสง แต่ก็ยังพบอาการแพ้รุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตในผู้ป่วยบางรายโดยมากพบในกลุ่มของเด็ก (รชานนท์, 2555) ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเมล็ดอัลมอนด์จึงน่าจะศึกษาการทดแทนด้วยเมล็ดพืชน้ำมันชนิดอื่นซึ่ง ในประเทศไทยมีเมล็ดพืชน้ำมันที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับอัลมอนด์หลายชนิด เช่น เมล็ดกระบอก (wild almond) เม็ดมะม่วงหิมพานต์ (cashew seed) เมล็ดแตงโม (watermelon seed) และถั่วดาวอินคา (sacha inchi seed) เป็นต้น โดยมาร์ชแพนเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีอัลมอนด์เป็นส่วนประกอบหลักซึ่งประเทศไทยมีการนำเข้าเพื่อใช้ในการตกแต่งและเป็นส่วนประกอบของขนมในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ (กรมศุลกากร, 2558) ดังนั้นแนวคิดในการนำเมล็ดพืชน้ำมันชนิดอื่นซึ่งมีในประเทศไทยมาทดแทนเมล็ดอัลมอนด์ในการทำมาร์ชแพนจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

เมล็ดแตงโมและถั่วดาวอินคาไม่จัดอยู่ในกลุ่มของ Tree nut เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติทางเคมี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกายภาพของเมล็ดแดงโมและถั่วดาวอินคาพบว่ามีปริมาณไขมัน โปรตีน และสีของเมล็ดพืช ทั้งสองชนิดมีความใกล้เคียงกับเมล็ดอัลมอนต์นอกจากนี้เมล็ดแดงโมยังเป็นแหล่งของแร่ธาตุ สำคัญหลายชนิด เช่น โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม (El-Adaway และ Taha, 2001) และเมล็ด ถั่วดาวอินคาเป็นแหล่งของ โอเมก้า-3 และกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น ลิโนเลอิก และลิโนเลนิก (Guillén และคณะ, 2003) และยังมีราคาต่ำกว่าเมล็ดอัลมอนต์ (กรมการค้าภายใน, 2561) จึงเป็น ที่น่าสนใจในการศึกษาเพื่อนำเมล็ดแดงโมและถั่วดาวอินคามาใช้ทดแทนเมล็ดอัลมอนต์เพื่อให้สามารถ ผลิตมาร์ชี่แพนได้จากเมล็ดพืชน้ำมันที่มีในประเทศและเพื่อให้ผู้ที่แพ้อัลมอนต์ได้มีทางเลือกในการ ใช้มาร์ชี่แพน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.) ศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาเพื่อหาสภาวะ ที่เหมาะสม
- 2.) ศึกษาผลของขนาดอนุภาคของผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาต่อคุณภาพ เนื้อสัมผัสของมาร์ชี่แพน
- 3.) ปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ชี่แพนที่ทดแทนด้วยผงเมล็ดแดงโมหรือผงเมล็ดถั่วดาวอินคาและ พัฒนาเนื้อสัมผัสให้มีคุณภาพเทียบเท่ามาร์ชี่แพนเชิงพาณิชย์โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์
- 4.) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ชี่แพน

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ขอบเขตงานวิจัยนี้จะครอบคลุมเนื้อหาของการศึกษาของประกอบทางเคมีของเมล็ดพืชน้ำมัน (เมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา) เพื่อนำมาทดแทนอัลมอนต์ในผลิตภัณฑ์มาร์ชี่แพน ศึกษาสภาวะ ที่เหมาะสมในการอบแห้งเมล็ดพืชน้ำมันและขนาดของอนุภาคที่เหมาะสมในการทำเป็นผงเพื่อใช้ในการ ทำมาร์ชี่แพน จากนั้นเลือกเมล็ดพืชน้ำมัน 1 ชนิด เพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพของมาร์ชี่แพนโดยใช้ การออกแบบการทดลองแบบผสม (mixture design) และปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยการใส่สาร ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ กำหนดชนิดและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม และศึกษาอายุ การเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การตกแต่งเค้ก (Cake Decorating)

เป็นหนึ่งในงานศิลปะจากน้ำตาล (Sugar Art) โดยการตกแต่งด้วยน้ำตาล (icing) หรือสิ่งอื่นที่สามารถบริโภคได้ (edible elements) เพื่อตกแต่งให้เค้กหรือผลิตภัณฑ์ขนมอบเกิดความดึงดูดและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น การตกแต่งเค้กเกิดขึ้นครั้งแรกที่ยุโรป ในช่วงทศวรรษที่ 17 จนถึงปี ค.ศ. 1840 มีการนำเอาศิลปะเข้ามาผสมผสานกับเค้กในรูปแบบต่างๆ และผลิตภัณฑ์ขนมอบ (bakery products) สามารถทำได้ง่ายขึ้น เนื่องจากจากการพัฒนาของเทคโนโลยี ทำให้เค้กหรือขนมอบที่ผ่านตกแต่งกลายเป็นที่นิยมในงานเลี้ยงและงานเฉลิมฉลองประเพณีจนถึงปัจจุบัน (Beckett, 2015)

การตกแต่งเค้กสามารถแบ่งได้ตามวัสดุที่ใช้ในการตกแต่ง ดังนี้

2.1.1.1 ครีม (Cream)

ครีมที่นิยมนำมาใช้ในการตกแต่งเค้กและขนมอบนั้นมักมีสีขาวหรือเหลืองอ่อน โดยมากถูกนำไปผสมกับสีผสมอาหารให้มีสีต่างๆ เพื่อใช้ในการคลุมเนื้อเค้ก หรือเพื่อบีบ (piping) เป็นลวดลายหรือรูปร่างลงบนหน้าเค้กเพื่อตกแต่ง สามารถแบ่งชนิดของครีมได้ดังนี้

1) Simple buttercream เป็นครีมที่มีส่วนประกอบจากไขมัน เช่น เนยสด (butter) มาร์กเกอรีน (margarine) หรือ เนยขาว (shortening) และน้ำตาล (sugar) เท่านั้น

2) Meringue-based buttercream เป็นครีมที่มีส่วนประกอบจากไข่ขาว น้ำตาล และไขมัน โดยเริ่มจากการตีไข่ขาวและน้ำตาลให้เป็นเมอร์แรงค์ก่อนจึงตีผสมไขมันลงในเมอร์แรงค์ โดย Meringue-based butter cream สามารถแบ่งได้ตามวิธีการเตรียมเมอร์แรงค์ ดังนี้

3) Italian meringue-based buttercream เป็นการทำเมอร์แรงค์โดยการตีไข่ขาวและเติมส่วนของน้ำตาลในรูปของน้ำเชื่อมร้อน (hot syrup) ที่อุณหภูมิ 118 ถึง 120 องศาเซลเซียสทีละน้อยอย่างต่อเนื่องลงในไข่ขาว ตีจนตั้งยอดแล้วจึงเติมไขมันลงไปทีละน้อยตีผสมจนได้ครีมสีขาวที่มันความมันเงา ดังนี้

- Swiss meringue-based buttercream เป็นการตีผสมไข่ขาวและน้ำตาลทรายโดยมีการความร้อนแบบ Double boiling ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตีจนตั้งยอดแล้วจึงเติมไขมันลงไปทีละน้อยตีผสมจนได้ครีมสีขาวที่มันความมันเงา

- French buttercream มีความคล้ายคลึงกับ Meringue-based buttercream แต่เปลี่ยนส่วนประกอบจากไข่ขาว เป็นไข่แดง (yolk) โดยตีไข่แดงจนตั้งยอดอ่อน จากนั้นเติมน้ำตาลหรือน้ำเชื่อมร้อนลงในไข่แดงตีจนตั้งยอดแข็งแล้วจึงเติมส่วนประกอบที่เป็นไขมันลงไปตีผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน

- Custard-based buttercream เป็นครีมที่เกิดจากส่วนประกอบของไข่แดง น้ำตาล นม แป้งข้าวโพด และไขมัน โดยเริ่มจากการให้ความร้อนนมและน้ำตาล จากนั้นตีผสมกับไข่แดงและแป้งข้าวโพดจนเป็นครีมที่มีความหนืด พักจนเย็นจึงนำไปตีผสมกับส่วนประกอบที่เป็นไขมัน

4) Whipping cream เป็นครีมที่เกิดจากการตีครีมที่มีปริมาณของไขมันร้อยละ 30 หรือมากกว่า เกิดเป็น **คอลลอยด์** ที่มีปริมาตรเพิ่มประมาณสองเท่าของครีมเดิม เนื่องจากฟองอากาศถูกจับตัวเป็นโครงข่ายของหยดไขมัน หากตีต่อเนื่องเป็นเวลานาน หยดไขมันจะเกิดการรวมตัวกันจนทำลายโครงข่ายที่ทำหน้าที่เกิดฟองอากาศและก่อตัวเป็น **เนย** โดยมากนิยมเติมน้ำตาลไอซิ่งให้กับคอลลอยด์เพื่อทำให้ส่วนผสมที่เป็นโครงข่ายแข็งแรงขึ้นและลดโอกาสที่ครีมถูกตีมากเกินไป

2.1.2 แยม (Jam)

นิยมนำมาใช้ในการเคลือบผิวเค้ก (glazing) สามารถใช้ได้ทั้งแยมชนิดที่มีเนื้อผลไม้ผสม และไม่มีเนื้อผลไม้ผสม เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่ไม่ชอบรับประทานครีม โดยทั่วไปนิยมใช้ร่วมกับการตกแต่งด้วย ผลไม้สด ผลไม้แช่อิ่ม และผลไม้ตากแห้ง นอกจากนี้แยมยังสามารถนำมาประยุกต์เพื่อใช้ในการตกแต่งเค้ก ร่วมกับการใช้ครีมได้ โดยการบีบครีมแบบเส้นเป็นรูปภาพ (drawing) จากนั้นจึงเติมแยมสีต่างๆลงไปเพื่อให้สีแก่รูปภาพนั้น การบีบครีมเป็นเส้นจะทำให้สีของแยมไม่ไหลมาผสมกัน วิธีการนี้เรียกว่า Stained Glass technique

2.1.3 ช็อกโกแลต (Chocolate)

ด้วยความหลากหลายของสี เช่น สีดำ สีน้ำตาล และสีขาวซึ่งสามารถเพิ่มสีผสมอาหารได้ รวมถึงรสชาติที่หวานปนขมซึ่งเข้ากันได้ดีหลายชนิด ช็อกโกแลตจึงเป็นอีกหนึ่งวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการตกแต่งเค้ก โดยประเภทของช็อกโกแลตตกแต่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

1) Coating เป็นการเคลือบชั้นเค้กด้วยช็อคโกแลต โดยเกิดจากการนำเอาช็อคโกแลตไปตุ๋น (Double boiling) เมื่อช็อคโกแลตละลายและมีความเหลวที่เหมาะสมจะถูกนำมาราดลงบนผิวของเค้กที่มีชั้นครีมเย็นจัดจนทั่วชั้น ความต่างกันของอุณหภูมิจะทำให้ช็อคโกแลตกลับแข็งตัวเคลือบชั้นของครีม โดยรอบชั้นเค้ก

2) Molding หรือ Shaping เป็นการนำช็อคโกแลตไปตุ๋น (double boiling) เมื่อช็อคโกแลตละลายจึงนำไปเทลงในแม่พิมพ์หรือเทลงบนแผ่นหินอ่อนเพื่อขึ้นรูปด้วยเกลียงหรือใบมีดต่างๆ วิธีการนี้มีความยากและต้องใช้ความชำนาญเป็นอย่างมาก

3) Chocolate cream เป็นการนำเอาช็อคโกแลตไปตุ๋น (double boiling) จากนั้นนำมาผสมกับบัตเตอร์ครีม (buttercream) หรือวิปปิ้งครีม (whipping cream) ใช้สำหรับปิดหน้าเค้กเช่นเดียวกับการตกแต่งด้วยครีม (cream)

2.1.4 ซูการ์เพสท์ หรือกัมเพสท์ (Sugar or Gum paste)

sugar paste หรือ gum paste คือ น้ำตาลปั้นชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นก้อนโคน้ำตาล (sugar dough) มีส่วนประกอบสำคัญ คือ น้ำตาลซูโครส และกลูโคส โดยมี กลูโคสไซรัป เมอแรงค์ หรือ เซลลูโลส กัม เป็นตัวช่วยในการยึดเกาะ เมื่อทิ้งไว้ในบริเวณที่อากาศแห้งหรือมีความชื้นต่ำ sugar paste จะมีความแข็งและคงรูป จึงนิยมนำมาปั้นเป็นรูปร่าง 3 มิติ ซึ่งมีความละเอียดสูง และมีขนาดใหญ่ แตกต่างจาก fondant แม้จะสามารถนำมาขึ้นรูปร่าง 3 มิติได้ แต่ก็ไม่สามารถทำเป็นชิ้นงานขนาดใหญ่หรือชิ้นงานที่มีความละเอียดสูงได้ เนื่องจากเนื้อสัมผัสของ fondant มีความนุ่มมากกว่า sugar paste

2.1.5 ฟอนด์องท์ (Fondant)

ฟอนด์องท์ เป็นหนึ่งในน้ำตาลที่นิยมใช้ในการตกแต่งขนมมักใช้เพื่อการคลุมเค้ก หรือขึ้นรูปเพื่อการตกแต่ง มีน้ำตาล น้ำ เกลาติน และ กลีเซอรอล เป็นส่วนประกอบหลัก เนื้อสัมผัสมีความนุ่มเหมือนดินเหนียวจึงง่ายต่อการรีดเป็นแผ่นบางหรือปั้นเป็นรูปร่างต่างๆ โดยทั่วไปสามารถแบ่งประเภทของฟอนด์องท์ได้ 2 ประเภท คือ

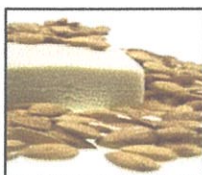
1) Poured fondant คือ ขนมหวานชนิดหนึ่งซึ่งมีความมันเงามากมักใช้เพื่อการคลุมเค้ก ขนมอบ ลูกกวาด หรือของหวานชนิดอื่นๆ มีส่วนประกอบหลัก คือ น้ำตาล น้ำ เกลาติน และกลีเซอรอล ฟอนด์องท์ชนิดนี้จะมีไขมันจากไขมันซึ่งเป็น Hydrogenated oil ซึ่งทำให้ฟอนด์องท์มีความนุ่ม ยืดหยุ่นสูง และรักษาความชุ่มชื้นได้ดีจึงเหมาะสำหรับการนำมารีดเป็นแผ่นบาง คุณสมบัติดังกล่าวทำให้ฟอนด์องท์ชนิดนี้เหมาะสมในการนำมาคลุมเค้ก ขนมอบ หรือของหวานชนิดอื่น

2) Fondant icing หรือ pettinice มีส่วนประกอบหลักเหมือนกับ poured fondant คือ น้ำตาล น้ำเจลาติน และกลีเซอรอล ในปัจจุบัน fondant icing นิยมใช้น้ำตาลบดละเอียด และมาร์ชเมลโล่ละลายเหลว (melted marshmallows) หรือ น้ำตาลบดละเอียด กลูโครสไชรูป และ เซลลูโลส กัม เป็นส่วนประกอบของ fondant icing ทำให้ฟอนด์องที่ได้มีลักษณะที่นุ่ม มีความยืดหยุ่นสูง แต่เมื่อทิ้งไว้ในอากาศที่มีความชื้นต่ำบริเวณพื้นผิวของฟอนด์องจะมีความแข็ง คุณสมบัติดังกล่าวทำให้ fondant icing ถูกใช้เพื่อการปั้นขึ้นรูปร่างแบบ 3 มิติเพื่อใช้ในการตกแต่งเค้ก ขนมอบ และขนมหวานชนิดอื่น

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

มาร์ซิแพนเป็นขนมที่ทำจากน้ำตาลและอัลมอนต์บดละเอียด หรืออัลมอนต์ลวก ใช้เป็นส่วนประกอบของลูกกวาด (candy) เช่น มาร์ซิแพนชุบช็อกโกแลต สำหรับห่อหุ้มเค้ก (cakes) ลูกก๊กี้ (cookies) และขนมอบ (pastries) โดยมาร์ซิแพนจะถูกรีบเป็นแผ่นบาง เพื่อนำไปห่อหุ้มหรือตกแต่งผลิตภัณฑ์ โดยมากมาร์ซิแพนจะถูกใช้ในการตกแต่งเค้กแต่งงาน (wedding cakes) เค้กวันเกิด (birthday cakes) หรือเค้กแฟนซี (fancy cakes) เป็นต้น มาร์ซิแพนนั้นจำแนกชนิดได้จากอัตราส่วนของอัลมอนต์และน้ำตาล รวมถึงส่วนผสมอื่นๆ สามารถจำแนกได้ดังนี้

- 1) Raw marzipan (มาร์ซิแพนสูตรพื้นฐาน) เป็นมาร์ซิแพนที่เป็นสูตรพื้นฐานที่สุด มาร์ซิแพนชนิดนี้สามารถขึ้นรูปได้ง่ายที่สุด โดยมีส่วนผสมคืออัลมอนต์บดละเอียด หรืออัลมอนต์ลวก ร้อยละ 65 และมีน้ำตาลร้อยละ 35
- 2) Marzipanrohmesse เป็นมาร์ซิแพนที่ทำมาจากอัลมอนต์บดละเอียด หรืออัลมอนต์ลวก เพียงอย่างเดียว
- 3) Lübecker Edelmarzipan เป็นมาร์ซิแพนที่ทำขึ้นในเมือง Lübecker ทำจาก Raw marzipan ร้อยละ 90 และน้ำตาลร้อยละ 10 หรือทำจาก Marzipanrohmesse ร้อยละ 55 และน้ำตาลร้อยละ 45
- 4) Edelmarzipan เป็นมาร์ซิแพนที่ทำจาก Marzipanrohmesse ร้อยละ 70 และน้ำตาลร้อยละ 30
- 5) Konsummarzipan เป็นมาร์ซิแพนที่ทำจาก Marzipanrohmesse ร้อยละ 50 และน้ำตาลร้อยละ 50
- 6) Königsberger Marzipan เป็นมาร์ซิแพนที่มีการดัดแปลงโดยประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยมีส่วนผสมของอัลมอนต์บดละเอียด น้ำตาลทรอปีน ไข่ขาว และน้ำมันวานิลเล็กน้อย



ภาพที่ 2.1 Marzipan (Almond marzipan)

ที่มา : German food guide (2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) Perzipan (Peach Marzipan) เป็นมาร์ชเพนที่ทำจากเมล็ดลูกพีช (peach seed) หรือแอปริคอต (apricot) บดละเอียด ร้อยละ 40 และน้ำตาลร้อยละ 60



ภาพที่ 2.2 Perzipan (Peach marzipan)

ที่มา : German food guide (2015)

8) Pistazienmarzipan (Pistachio Marzipan) เป็นมาร์ชเพนที่ทำจากถั่วพีสทาซิโอ (pistachio) ร้อยละ 48 และน้ำตาล



ภาพที่ 2.3 Pistazienmerzipan (Pistachio marzipan)

ที่มา : German food guide (2015)

2.1.2 แดงโม (ศศิวิมล และคณะ, 2546)

แดงโม (Watermelon) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrullus vulgaris* เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลแตง (Cucurbitaceae) พฤกษศาสตร์ทั่วไปของแดงโมจัดเป็นไม้เลื้อยตามพื้นดิน ลำต้นเป็นสันและร่อง มีขนยาว สีขาว นุ่ม ปกคลุม ใบเดี่ยว เรียงสลับ แผ่นใบรูปไข่แกมรูปขอบขนาน โคนใบรูปหัวใจ เว้าเป็นพูรูปฝ่ามือลึก 3-7 พู มีมือจับ ดอกออกตามซอกใบ ดอกแยกเพศ โดยมักมีดอกเพศผู้ติดกัน 6 ดอก สลับกับดอกเพศเมีย 1 ดอก ดอกสีเหลืองอ่อน กลีบเลี้ยงรูประฆัง ปลายแยกเป็น 5 แฉก กลีบดอกเชื่อมกัน เป็นรูประฆังกว้าง ดอกเพศผู้มีเกสรเพศผู้แยก 3 อัน ดอกเพศเมียมีรังไข่ รูปไข่ มีขนปกคลุม ผลแบบแตง มีลักษณะแตกต่างกันแล้วแต่พันธุ์ ตั้งแต่ รูปทรงกลม ทรงคล้ายขอบขนาน ถึงรูปรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แดงโมพันธุ์เมล็ด และ เมล็ดแดงโมกะเทาะเปลือก

ที่มา : Farmer (2015)

ในประเทศไทยมีการปลูกแดงโมทั่วทุกภูมิภาค และสามารถปลูกแดงโมได้ทุกฤดู (นิตดา และ ทวีทอง, 2550) เมล็ดแดงโมเป็นแหล่งของแร่ธาตุหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เป็นต้น (El-Adaway และ Taha, 2001) ในประเทศไทยนั้นมีพื้นที่ปลูกแดงโมทั้งหมด 26,086 ไร่ แยกเป็น แดงโมเนื้อ 25,888 ไร่ แดงโมเมล็ด 194 ไร่ และแดงโมอ่อน 4 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) เมล็ดแดงโม (watermelon seed) จัดเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (by-product) เนื่องจากมีองค์ประกอบของไขมันในเมล็ดมากถึงร้อยละ 46.83 (ตารางที่ 2.1) ในบางพื้นที่ของโลก เช่น ไนจีเรีย และประเทศกลุ่มตะวันออกกลาง เมล็ดแดงโมจึงถูกนำไปสกัดเป็นน้ำมันเพื่อใช้ในการประกอบอาหาร นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์เพื่อเป็นสารเติมแต่ง (additive) ใช้เป็นเครื่องปรุง เพิ่มรสชาติ เพิ่มความข้นหนืดให้ซุปรวมกลิ่นรส และเป็นของว่าง (snack) ในพื้นที่ส่วนมากของโลก (Stafford และ Oke, 1977; Onuora และ King, 1983; El-Adaway และ Taha, 2001; Jyothi และ Kaul, 2011) ในประเทศกลุ่มอาเซียนนอกจากมีการบริโภคเมล็ดแดงโมเป็นของว่างแล้วยังนำเมล็ดแดงโมมาเป็นส่วนประกอบในขนม เช่น จ่ามงกุฎ คาราทอง ขนมเบี๊ยะ(ไส้) ขนมไหว้พระจันทร์(ไส้โหวงยั้ง) เนื่องจากเมล็ดแดงโมมีความหอมมัน และกรุบกรอบ ช่วยเพิ่มรสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสให้แก่ขนม

ตารางที่ 2.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของเมล็ดแดงโม

	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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ถั่วดาวอินคา (ฉวีวรรณ และคณะ, 2558)

ถั่วดาวอินคา (*Sacha inchi*) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Plukenetia volubilis* L. เป็นพืชในตระกูล Euphorbiaceae ลักษณะทั่วไปเป็นพืชสมบูรณ์ดอกมีขนาดเล็ก ฝักมีขนาดเล็ก และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-5 เซนติเมตร สีเขียวสดใสเมื่อยังอ่อนและมีสีน้ำตาลเข้มเมื่อฝักแก่เต็มที่ ที่ฝักมักจะมี 4-6 แฉก เมล็ดกว้าง 15-20 มิลลิเมตร หนา 7-8 มิลลิเมตร ต้นเป็นไม้เถาทรงพุ่ม สูง 2-3 เมตร ผลเป็นรูปดาว เมื่ออ่อนจะเป็นสีเขียวและมีสีน้ำตาลเข้มเมื่อฝักแก่เต็มที่ มีเปลือกที่ครอบคลุมเมล็ดใน 3 ชั้น 1 ฝักมีเมล็ด 3 - 7 เมล็ด



ภาพที่ 2.5 ถั่วดาวอินคา และเมล็ดถั่วดาวอินคาแกะเปลือก

ที่มา : ฉวีวรรณ และคณะ (2558)

เมล็ดถั่วดาวอินคามีความน่าสนใจเนื่องจากมีปริมาณน้ำมันที่สูง ร้อยละ 35-60 และมีระดับของกรดไลโนเลนิกและกรดไลโนเลอิกที่ค่อนข้างสูง และมีศักยภาพที่ดีสำหรับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา โดยมีปริมาณกรดไลโนเลนิก (linolenic acid, w-3) ร้อยละ 45 และกรดไลโนเลอิก (linoleic acids, w-6) ร้อยละ 35 ของกรดไขมันทั้งหมด (total fatty acid) ในขณะที่กรดไขมันอื่นๆ เช่น โอเลอิก (oleic), ปาล์มิติก (palmitic) และ สเตียริก (stearic) มีอยู่ในสัดส่วนที่น้อย มีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 24-27 ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับเมล็ดพืชน้ำมันอื่นๆ เช่น ถั่วเหลือง (soy bean) เมล็ดฝ้าย (cotton seed) และเมล็ดดอกทานตะวัน (sunflower seed) นอกจากนี้ยังมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงถึง ร้อยละ 30.9 (ตารางที่ 2.2) และยังมีอุดมไปด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด 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) และวาเลอีน (valine) (40 มิลลิกรัมต่อกรัม) ซึ่งมีอยู่มากเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ (Hamaker และคณะ, 1992; Gutiérrez และคณะ, 2011) ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกในประเทศไทยในหลายพื้นที่ เช่น เชียงราย ตาก อุตรดิตถ์ และบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง (สมุทรสงคราม ราชบุรี และกาญจนบุรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของถั่วคาวอินคา

	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)

2.1.4 ไข่ขาว

ไข่ขาวประกอบด้วยส่วนต่างๆ 4 ส่วน ที่มีความหนืดต่างกัน คือไข่ขาวใสชั้นนอก (outer liquid layer) เป็นชั้นที่อยู่นอกสุดของไข่ขาว ติดกับเยื่อหุ้มเปลือกไข่ ไข่ขาวชั้น (middle dense layer) เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากไข่ขาวใสชั้นนอก เป็นส่วนที่ห่อหุ้มไข่ขาวใสชั้นในและไข่แดงไว้ ป้องกันอันตรายจากการกระทบกระเทือนจากภายนอกให้กับไข่แดง ไข่ขาวใสชั้นใน (inner liquid layer) เป็นชั้นที่อยู่ติดกับไข่แดง เป็นที่ๆเยื่อชั้นไข่แดงยึดไข่แดงให้ลอยตัวอยู่ตรงกลางฟองไข่ เยื่อชั้นไข่แดง (chalaziferrous) เป็นส่วนของไข่ขาว ที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มไข่แดงและเป็นสายพันธุ์รักษาสสมดุลให้ไข่แดงอยู่กลางฟองไข่ (นุชรี, 2529) ที่เรียกไข่ขาวเพราะเมื่อส่วนนี้ตกตะกอนจะเป็นสีขาว (albus-white) (สุวรรณ, 2529) ในไข่ขาวส่วนใหญ่จะประกอบด้วยน้ำและโปรตีน มีคาร์โบไฮเดรตและแร่ธาตุในปริมาณน้อย มีไขมันในปริมาณน้อยมาก ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของไข่

	ปริมาณ (ร้อยละ)		
	ไข่ทั้งฟอง	ไข่ขาว	ไข่แดง
ปริมาณที่มีในไข่	100.0	58.0	31.0
ความชื้น	65.5	88.0	48.0
โปรตีน	111.8	11.0	17.5
ไขมัน	11.0	0.2	32.5
เถ้า	11.7	0.8	2.0

ที่มา : นุชรี (2529)

2.1.4.1 โปรตีนในไข่ขาว

โปรตีนในไข่ขาวส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ และแตกต่างกับโปรตีนในไข่แดง เนื่องจากโปรตีนในไข่แดงเป็นไลโปโปรตีน (lipoprotein) แต่ในไข่ขาวเป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ที่จับกับแมนโนส (mannose) หรือกาแลคโตส (galactose) โปรตีนในไข่ขาวประกอบด้วย โอวัลบูมิน (ovalbumin) ร้อยละ 75 โอโวมิวคอยด์ (ovomucoid) ร้อยละ 13 โอโวมิวซิน (ovomucin) ร้อยละ 7 โอโวกอนาบูมิน (ovöconanbumin) ร้อยละ 3 และโอโวกلوبูลิน (ovoglobulin) ร้อยละ 2 ของไข่ขาวทั้งหมด (นุชรี, 2529) โปรตีนแต่ละตัวมีคุณสมบัติและปริมาณกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ดังนี้คือ

1) โอวัลบูมิน (ovalbumin) เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในไข่ขาว ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและฟอสเฟตมีคุณสมบัติในการเกิดเจลและเกิดฟองจะถูกเปลี่ยนคุณสมบัติเมื่อได้รับความร้อน

2) โอโวมิวคอยด์ (ovomuciod) เป็นไกลโคโปรตีนที่ประกอบด้วยกลูโคซามีน (glucosamine) ร้อยละ 14 และแมนโนส (mamnose) ร้อยละ 7 ถูกเปลี่ยนคุณสมบัติเมื่อได้รับความร้อน แต่ทนความร้อนไม่มากกว่าโอวัลบูมินและโอโวกอนาบูมิน

3) โอโวมิวซิน (ovomucin) เป็นโปรตีนที่ทำให้เกิดลักษณะเป็นวุ้นของไข่ขาวชั้น โดยเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย (นุชรี, 2529) ไข่ขาวใสและไข่ขาวชั้นแตกต่างกันที่ปริมาณโอโวมิวซิน ในไข่ขาวชั้นมีโอโวมิวซินมากกว่าในไข่ขาวใสประมาณ 4 เท่า ในไข่ขาวชั้นและไข่ขาวใสมีโอโวมิวซิน ร้อยละ 5.11 และ 1.91 ตามลำดับ โอโวมิวซินมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายเกลือที่ pH 7

4) โอโวกلوبูลิน (ovoglobulin) มีคุณสมบัติในการเกิดฟอง ถูกเปลี่ยนคุณสมบัติได้ โดย 6 M guanidine hydrochloride ในไข่ขาวมีคาร์โบไฮเดรตมากกว่าในไข่แดง ไข่ 1 ฟอง จะมีคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณ 0.5 กรัม ซึ่งร้อยละ 75 ของปริมาณที่อยู่ในไข่ขาว (นุชรี, 2529; สุวรรณ, 2529) มีทั้งชนิดที่อยู่ในรูปอิสระ คือเป็นกลูโคสและรวมตัวอยู่กับ โปรตีนชนิดต่างๆ เช่น ดี-แมนโนส (D-mannose) รวมอยู่กับโอวัลบูมินและโอโวกอบูลินหรือกลูโคส แมนโนสและกาแลคโตส รวมอยู่กับ โอโวมิวคอยด์ เม็ดสีในไข่ขาวมีเพียงโอโวกฟลาวิน (Ovoflavin) อย่างเดียวประมาณ 0.07 มิลลิกรัม มีสมบัติละลายน้ำได้ สำหรับแร่ธาตุต่างๆ มีความคล้ายกับแร่ธาตุในไข่แดง ซึ่งนอกจากนี้ยังพบแร่ธาตุอื่น เช่น อลูมิเนียม ทองแดง ฟลูออรีน ตะกั่ว แมงกานีส สังกะสี และไอโอดีน (ระเกียรติ, 2556)

5) โอโวโคนาลบูมิน (ovoconalbumin) บางครั้งเรียกว่า “โอโวทรานสเฟอร์ริน” (ovotransferrin) มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนคุณสมบัติได้ง่ายกว่าโอวัลบูมินตกตะกอนที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไข่ขาวตกตะกอน

2.1.4.2 การเกิดโฟม (Foaming) (นิธิยา, 2549)

การเกิดโฟมเป็นสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน (functional properties of protein) เช่น ไข่ขาว (egg white) โปรตีนที่จะเกิดโฟมได้ดีและคงตัว ต้องมีความยืดหยุ่นสูง สามารถเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบาง และมีแข็งแรงพอที่จะสามารถกักเก็บอากาศได้ โดยโปรตีนที่มีความยืดหยุ่นที่สามารถเกิดโฟมได้ดีจำเป็นต้องมีค่า surface hydrophobicity ที่สูง ซึ่งในระหว่างการตีหรือการทำให้เกิดโฟม เช่น โปรตีนในไข่ขาว น้ำมัน เป็นสารที่ทำให้เกิดโฟม (foaming agent) แรงจากการตี หรือปั่นอย่างรุนแรง ทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของโปรตีนเกิดการเสียสภาพทางธรรมชาติ (protein denaturation) และเกิดการคลายตัว (unfolding) ของโครงสร้างโปรตีน เกิดเป็นฟิล์มและจับกับน้ำซึ่งอยู่รอบๆ 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)

$$\text{Foaming Power (FP)} = \frac{\text{ปริมาณของก๊าซทั้งหมดในโฟม}}{\text{ปริมาณของของเหลว}} \times 100$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 Foaming power ของโปรตีนที่มีคุณสมบัติเกิดโฟมในอาหาร

ชื่อ โปรตีน	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)

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

น้ำตาลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก ละลายได้ดีในน้ำและมีรสหวาน จัดอยู่ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลที่มีขายอยู่ในท้องตลาดนั้นเป็นน้ำตาลทรายขาวที่ผลิตจากอ้อย น้ำตาลนี้เป็นซูโครสบริสุทธิ์ร้อยละ 99 มีอยู่หลายชนิด

2.1.5.1 น้ำตาลที่นิยมใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

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

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

3) น้ำตาลทรายแดง (Yellow or Brown sugar) น้ำตาลชนิดนี้จะมีพวกคาร์ราเมล แร่ธาตุและความชื้นปนอยู่ด้วย และยังเป็นน้ำตาลที่ไม่บริสุทธิ์หรือเรียกว่า น้ำตาลดิบ น้ำตาลชนิดนี้ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกลิ่นรส และสีของน้ำตาลทรายแดง ส่วนใหญ่ใช้ในการทำคุกกี้และเค้กบางชนิด เช่น ฟรุตเค้ก ไม่ใช้ในการทำเค้กที่มีความเบาตัว ถ้าจำเป็นต้องใช้ ต้องเพิ่มความระมัดระวังให้มากในการที่จะผสม

4) น้ำตาลจากนม หรือแล็กโทส (Milk Sugar or Lactose) เป็นน้ำตาลที่มีอยู่ในนมสดหรือในหางนม น้ำตาลชนิดนี้จะเป็นส่วนช่วยเพิ่มความหวานและกลิ่นรสให้ผลิตภัณฑ์

5) น้ำตาลจากมอลต์ หรือ มอลโตส (Maltose) มีอยู่ในมอลต์ไซรัปช่วยเพิ่มความหวานให้แก่ผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่ใช้ในการทำขนมปังแข็งและโรล

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

2.1.5.2 คุณสมบัติของน้ำตาล

1) สารให้ความหวาน น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานที่มีโภชนาการ (Nutritive sweetener) รสชาติของน้ำตาลเป็นรสหวานธรรมชาติที่ปราศจากรสอื่นเจือปน การที่เรารู้รสหวานนั้นเกิดจากต่อมลิ้นบริเวณปลายลิ้นด้านบน รสหวานที่รู้สึกเป็นความหวานที่เปรียบเทียบกับความหวานของน้ำตาลทราย เช่น ฟรักโทสมีความหวาน 1.3 เท่าของน้ำตาลทราย เป็นต้น โดยฟรักโทสเป็นน้ำตาลที่หวานน้อยที่สุด และมีความหวานกว่าซูโครส น้ำตาลที่หวานรองจากซูโครส คือ กลูโคส มอลโตส และแล็กโทส ตามลำดับ วัตถุประสงค์หลักของการใส่น้ำตาลในอาหารคือ การให้ความหวาน

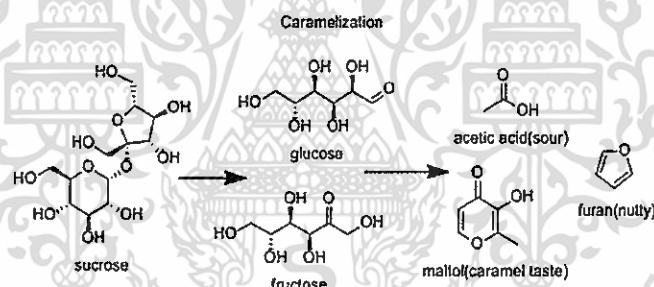
2) การละลายน้ำ ในอุตสาหกรรมอาหารมักจะละลายน้ำได้ดีตามปกติจะละลายได้ร้อยละ 30-80 ปริมาณที่ละลายได้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่งการละลายได้จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำของน้ำตาลแต่ละชนิด จะแตกต่างกันฟรักโทสเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ซูโครส ส่วนกลูโคสและมอลโตสละลายน้ำได้พอๆกัน น้ำตาลที่ละลายน้ำได้น้อยคือ แล็กโทส

3) การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร ในการเตรียมอาหารแปรรูปและเก็บรักษาอาหารบางชนิดจะพบว่ามีสารสีน้ำตาลเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (nonenzymatic browning reaction) ตามปกติจะพบว่าอาหารเหล่านี้มีสีน้ำตาลซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการทำปฏิกิริยาเคมีนี้เป็นส่วนประกอบ สารเคมีที่เกิดขึ้นตั้งแต่สีเหลืองจนถึงสีดำ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นสีน้ำตาลกลืนรสของอาหารจะเปลี่ยนไป กลไกการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่

- คาราเมลไลเซชัน (Caramelization) (นิธิยา, 2549)

เป็นการใช้ความร้อนสูงละลายโมเลกุลของน้ำตาลให้แยกออก (Thermolysis) และเกิดพอลิเมอร์เซชันของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้สารตั้งต้นจะเป็นน้ำตาลเท่านั้น เช่น การเผาซูโครสที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส น้ำจะถูกกำจัดออกไปจากโมเลกุลของน้ำตาลซูโครสโดยปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (Dehydration) สารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่จะมีพันธะคู่ และเป็นวงแหวน (anhydro ring) มีความขุ่นหนืด มีรสขม และมีสีเข้มขึ้น ซึ่งจะผันแปรตามระยะเวลาและระดับอุณหภูมิที่ใช้ สารประกอบที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำตาลได้รับความร้อนสูง

ขั้นตอนของการเกิดปฏิกิริยาการคาราเมลไลเซชัน มีดังนี้



ภาพที่ 2.6 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาการคาราเมลไลเซชัน

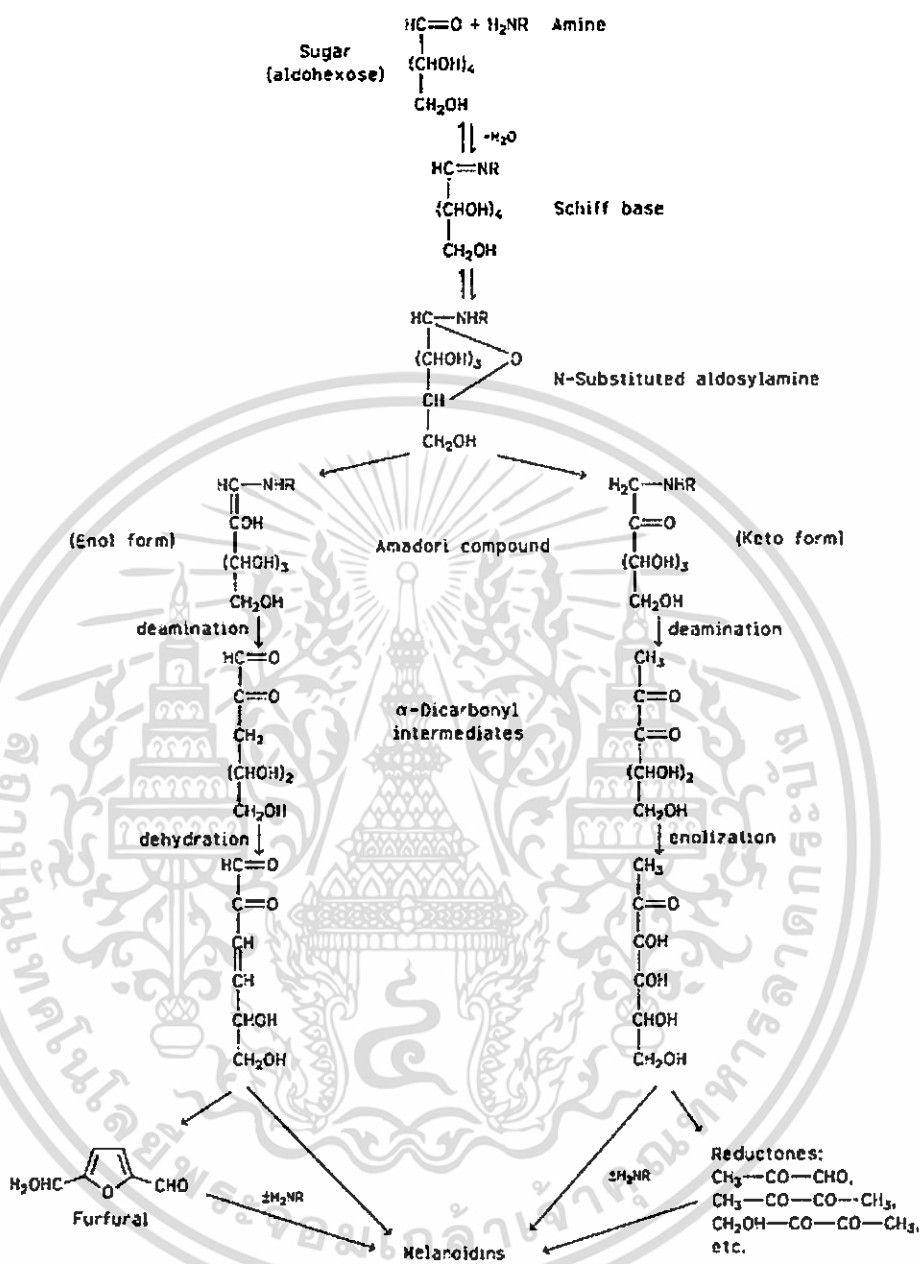
ที่มา : Crankshaft (2017)

- ปฏิกิริยามอลลาร์ด (นิธิยา, 2549)

เมื่อน้ำตาลแอลโดสหรือคีโคส ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ได้รับความร้อนในภาวะที่มีน้ำ ($A_w > 0.2$) กับเอมีนจะทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ มากมายหลายชนิด ซึ่งมีผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของอาหาร และอาจเป็นสิ่งที่พึงประสงค์หรือไม่พึงประสงค์ก็ได้ ปฏิกิริยาเหล่านี้เกิดขึ้นขณะทอด อบ ปิ้ง ย่าง หรือระหว่างการเก็บรักษาอาหาร น้ำตาลรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับหมู่เอมีโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน และโปรตีน ได้เป็นไกลโคซิลเอมีน (N-substituted glycosylamine) และจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล เรียกว่า ปฏิกิริยามอลลาร์ด หรือ nonenzymatic browning ซึ่งต่างจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนของปฏิกิริยามลลาร์ด มีดังนี้



ภาพที่ 2.7 กระบวนการเกิดปฏิกิริยามลลาร์ด

ที่มา : WordPress (2017)

ข้อเสียของปฏิกิริยามลลาร์ด คือทำให้กรดอะมิโนไลซีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นทั้งที่อยู่ในรูปอิสระและมืองค์ประกอบในโมเลกุลของโปรตีนลดน้อยลง ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบนี้จะทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลงด้วย นอกจากนี้หากเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงและได้รับความร้อนสูงด้วยผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะเป็นสาร Heterocyclic amine ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การดูดและการเก็บรักษาความชื้น โดยน้ำตาล สมบัติด้านการดูดและเก็บรักษาความชื้นมีความสำคัญต่อเนื้อสัมผัส ความคงทนในการรักษาลักษณะของอาหารบางชนิด การดูดความชื้นของน้ำตาลแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ด้านความสามารถในการดูดความชื้นในบรรยากาศฟรักโทสเป็นน้ำตาลที่ดูดความชื้นได้ดีมาก รองลงไปเป็นแล็กโตส ซูโครส มอลโตส และกาแล็กโตส คุณสมบัติด้านนี้ของน้ำตาลมีส่วนช่วยให้อาหารที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบนุ่มขึ้น การเก็บรักษาความชื้น ความสามารถในการเก็บรักษาความชื้นของน้ำตาล เกี่ยวข้องกับความสามารถในการดูดความชื้น โดยทั่วไปการเก็บรักษาความชื้นของน้ำตาลนั้นสามารถยึดความชื้นไว้โดยไม่คายออกสู่บรรยากาศ

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)

2.1.5.3 หน้าที่ของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (จรรยา, 2552)

- 1) ให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์
- 2) ทำให้ผิวนอกของผลิตภัณฑ์มีสีสวย
- 3) เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์
- 4) เพิ่มกลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์
- 5) เป็นอาหารของยีสต์ ทำให้เกิดการหมักเร็วขึ้น
- 6) ใช้เตรียมครีมชนิดต่างๆสำหรับแต่งหน้าเค้ก
- 7) ช่วยในการตีครีม และไข่ให้มีความคงตัวและขึ้นฟู
- 8) ช่วยเก็บความชื้น ทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์นุ่มอยู่ได้นาน

2.1.5.4 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล (อบเชย และขมิ้นชัน, 2544)

น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน เนื่องจากน้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.5 จึงสามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลทรายโดยคิดว่าน้ำตาลทราย 1 กรัมให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี นอกเหนือจากพลังงานแล้วน้ำตาลทรายไม่ให้อาหารอื่นเลย อย่างไรก็ตามน้ำตาลแต่ละชนิดมีส่วนประกอบของแร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก เป็นต้น (ตารางที่ 2.5) โดยน้ำตาลสีจะให้แคลเซียมและฟอสฟอรัส น้ำตาลมะพร้าวนอกจากจะให้แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็กแล้วยังให้วิตามินเอ และไนอะซิน อีกด้วย

ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล

คุณค่าทางโภชนาการ	น้ำตาลทรายขาว	น้ำตาลสี	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 และขมิ้นชัน (2544)

2.1.6 สารเพิ่มความหนืด (Thickening agent)

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

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

2.1.6.1 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) (วรรณ, 2551)

2.1.6.1.1 โพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide)

1) กัวร์กัม (Guar gum)

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

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำกัวร์กัมไปใช้ ได้แก่ อาหารกระป๋อง อาหารแช่แข็ง ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ไอศกรีม ลูกกวาด ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เครื่องดื่ม ชอส ซุป น้ำสลัด ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม ไลซีนม มายองเนส

2) เพคติน (Pectin)

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

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำเพคตินไปใช้ ได้แก่ แยม ไลซีนม (ผลไม้)

ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม เป็นต้น

3) อะราบิกกัม (Arabic gum)

อาราบิกกัม (Arabic gum) หรือบางครั้งเรียก อากาเซียกัม (Acacia gum) เป็นกัมจากต้นอากาเซีย (*Acacia Senegal L.*) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) เชิงซ้อนชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยน้ำตาล 4 ชนิดในโครงสร้าง ได้แก่ แอล-อาราบินโนส (L-Arabinose) ดี-กาแลคโตส (D-galactose) แอล-แรมโนส (L-ramnose) และ กรดดี-กลูคูโรนิก (D-glucuronic acid) มีน้ำหนักโมเลกุล 250,000 ถึง 750,000 คาลตัน ละลายน้ำได้ดี ให้สารละลายใสและมีความหนืดต่ำ ความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้น ความหนืดของอาราบิกกัมขึ้นอยู่กับความเป็นกรดต่าง (pH) โดยจะมีความหนืดสูงสุดที่ pH 5-6 และความหนืดอาจลดลงร้อยละ 20 ที่ pH 3 หรือ 11

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำอาราบิกกัมไปใช้ ได้แก่ อิมัลชันแต่งรสชาติ (flavor emulsion) เบียร์ ไอศกรีม ลูกอม เป็นต้น

4) คาร์ราจีแนน (Carrageenan)

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

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำคาร์ราจีแนนไปใช้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม อาหารกระป๋อง ขนมหวาน เครื่องดื่ม เป็นต้น

5) แอลจีเนต (Alginate)

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

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำแอลจินेटไปใช้ ได้แก่ ขนมหวาน เครื่องดื่ม
ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม เป็นต้น

6) โลคัวบีนกัน (Locust bean gum)

เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่เป็น heteropolysaccharide
โลคัสบีนกันเป็นกัมที่สกัดมาจากเนื้อในเมล็ด (endosperm) ของต้น carob (*Ceratonia siliqua*) เป็นพืช
ที่ปลูกในแถบเมดิเตอร์เรเนียน เช่น ประเทศโปรตุเกส และโมร็อกโก มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์สายยาว
ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด คือ แมนโนส (mannose) และกาแล็กโทส (galactose) โดยมี
น้ำตาลแมนโนสเป็นสายหลัก สลับกับน้ำตาลกาแล็กโทสที่เป็นกิ่งแขนง

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำโลคัสบีนกันไปใช้ ได้แก่ เนยแข็ง ไอศกรีม และ
ลูกกวาด เป็นต้น

7) ทรากาแคนท์กัม (Tragacanth gum)

เป็นกัมจากไม้พุ่มที่มีขนาดเล็กอยู่ในตระกูลถั่ว (Leguminosea) ชื่อสกุล
Astragalus เป็นไม้พุ่มที่มีรากแก้วขนาดใหญ่ สามารถสกัดกัมได้จากการกรีดส่วนราก ลำต้น และกิ่ง
เพื่อให้ได้กัมที่ซึมออกมา โดยทรากาแคนท์กัมประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนที่มีการละลายแตกต่างกัน
ส่วนแรกเรียก ทรากาแคนทิน (tragacanthin) ละลายน้ำได้ดี ให้สารละลายประเภทคอลลอยด์ ส่วนที่
สองคือ บอสโซริน (bossoirin) ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถไฮเดรตน้ำและพองตัวเป็นเจลได้ดี มีความเสถียร
ในสภาวะที่มีเป็นความกรดต่าง (pH) ที่กว้างกว่ากัมชนิดอื่น คือ pH 2-10

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำทรากาแคนท์กัมไปใช้ ได้แก่ น้ำส้มสายชู น้ำสลัด
ซอส ไอศกรีม เป็นต้น

8) เจลแลนกัน (Gellan gum)

เจลแลนกัน เป็นพอลิแซ็กคาไรด์กัมชนิดหนึ่งที่ได้จากการหมักโดย
แบคทีเรีย *Pseudomonas elodea* ประกอบด้วยหน่วยย่อยของเทตระแซ็กคาไรด์ (tetrapoly saccharide)
มีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลแรมโนส (ramnose) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) และน้ำตาลกลูโคส
(glucose) 2 โมเลกุล สามารถละลายน้ำได้ดี มีคุณสมบัติเป็นสารก่อเจล (gelling agent) ในอาหาร สามารถ
เกิดเจลได้ในสภาวะที่มีไอออนประจุบวก

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำเจลแลนกันไปใช้ ได้แก่ น้ำผลไม้ผสมเนื้อผลไม้
ผลิตภัณฑ์นม ไอศกรีม แยม เยลลี่ น้ำสลัด เป็นต้น

9) แซนแทนกัน (Xanthan gum)

เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่เป็น heteropolysaccharide เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) เป็นสายพอลิเมอร์ของ β -D-glucose มีโครงสร้างคล้ายกับเซลลูโลส (cellulose) สังเคราะห์ขึ้นโดยแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ด้วยกระบวนการหมักแบบใล่อากาศ (Submerged) มี D-glucose เป็นแหล่งอาหารคาร์บอนหลักเป็นน้ำตาลซูโครสหรือสตาร์ช กัมชนิดนี้ได้จากการที่แบคทีเรียสร้างสารหุ้ม หรือเมือก (slime) อยู่ภายนอกเซลล์เพื่อป้องกันเซลล์จากสภาวะภายนอก เมื่อแบคทีเรียผลิตได้กัมตามที่ต้องการจะถูกนำมาสเตอร์ไรซ์เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ แล้วแยกส่วนที่เป็นกัมออกด้วยการตกตะกอน จากนั้นจะถูกทำให้สะอาดและอบแห้ง

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำแซนแทนกันไปใช้ ได้แก่ โยเกิร์ต ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ใส้ขนม ไอศกรีม น้ำสลัด อาหารแช่แข็ง ผลิตภัณฑ์นม วิปป์ครีม มายองเนส เป็นต้น

10) สตาร์ช (Starch)

สตาร์ช (starch) คือพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่พบในพืช เช่น เมล็ดธัญพืช พืชหัว และถั่วเมล็ดแห้ง มีน้ำตาลกลูโคส (glucose) เป็นมอโนเมอร์ ของน้ำตาลกลูโคส ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่งแอลฟา 1,4 ได้เป็นโครงสร้างแบบอะไมโลส (amylose) ส่วนที่ตำแหน่ง แอลฟา 1,4 และ แอลฟา 1,6 ได้เป็นอะไมโลเพกติน (amylopectin) เม็ดสตาร์ช (starch granule) เม็ดสตาร์ชของพืชแต่ละชนิดจะมีอะไมโลสและอะไมโลเพกตินอัดแน่นอยู่ โดยมีสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินแตกต่างกัน ทำให้มีสมบัติด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำไปใช้ประโยชน์ต่างกัน เช่น การเกิดเจลาตินในเซชัน (gelatinization) ความหนืด (viscosity) (วรรณ, 2551)

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำสตาร์ชไปใช้ ได้แก่ ซอส ชุป ลูกกวาด ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น

2.1.6.1.2 เซลลูโลส (cellulose)

1) กลูโคแมนแนน (Glucomannan) (วรรณภา, 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)

เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส (cellulose) สังเคราะห์ได้จากเซลลูโลส (cellulose) ผลิตได้จากปฏิกิริยาของโซเดียมมอโนคลอโรแอซีเตต (sodium monochloroacetate) กับแอลคาไลเซลลูโลส (alkaline cellulose) ได้เป็นโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethylcellulose) ละลายได้ในน้ำร้อนและน้ำเย็น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด และสารช่วยยึดจับ (binding agent) ในอาหาร คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีความคงตัวอยู่ในช่วงค่าพีเอช 5.0-10.0 หากมีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.0 จะทำให้ความหนืดและความคงตัวลดลง

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำ CMC ไปใช้ ได้แก่ พุดดิ้ง ไอศกรีม เนยแข็ง ใส่นม กะทิกระป๋อง เป็นต้น

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

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

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำ HPMC ไปใช้ ได้แก่ ยาตีฟัน แยม เป็นต้น

4) เมทิลเซลลูโลส (Methyl Cellulose, MC) (จูติรัน และประเสริฐ, 2549)

เป็นโครงสร้างของเซลลูโลสสายยาวที่มีการแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ร้อยละ 27-32 โดยจะอยู่ในรูปของเมทิลอีเทอร์ (methyl ether) ไม่สามารถละลายได้ในสารละลายที่มีเกลือ (salt solution) และไม่ละลายที่อุณหภูมิสูง แต่ละลายในสภาวะที่เป็นกรด สามารถพองตัวและกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น มีสภาพเป็นสารละลายคงตัวเมื่อมีความเป็นกรดต่าง (pH) ที่ 3-11 ที่อุณหภูมิห้อง

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำ MC ไปใช้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะเป็นเจล ครีม เป็นต้น

2.1.6.2 โปรตีน (protein) (วรรณ, 2551)

2.1.6.2.1 ไข่ขาว (Egg white)

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

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำไข่ขาวไปใช้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เมอแรงค์ ชุป เต้าหู้ไข่ขาว เป็นต้น

2.1.6.2.2 เจลาติน (Gelatin)

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

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำเจลาตินไปใช้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์นม ขนมหวาน แยม อาหารเคลือบน้ำตาล ซ็อค โกลเลต ซอส ชุป อาหารแข็งแข็ง มาคาริน น้ำสลัด เป็นต้น

2.1.7 การทำแห้ง (Drying) (วีไล, 2547)

การทำแห้งเป็นการให้ความร้อนภายใต้สภาวะการควบคุมเพื่อกำจัดน้ำที่มีอยู่ในอาหาร โดยการระเหยน้ำ วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำ คือ การยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยการลดค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, Aw) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนี้ การลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและการขนส่ง เพิ่มความหลากหลายและความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค

2.1.7.1 กลไกการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ใอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในอาหาร เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำ อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสสูงและค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1) ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น (Initial adjustment period) เป็นช่วงที่ความชื้นที่มีอยู่ในอาหารปรับตัวเพื่อมีอุณหภูมิเท่ากับลมร้อน อัตราการแห้งจะต่ำและจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่

2) ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (Constant rate period) เป็นช่วงที่น้ำในอาหารระเหยเป็นไออย่างต่อเนื่อง คล้ายกับการระเหยของน้ำโดยทั่วไป

3) ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate period) เป็นช่วงที่ความชื้นในอาหารเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าอาหารอย่างไม่ต่อเนื่องทำให้ชั้นของเหลวที่ปกคลุมอยู่ไม่สม่ำเสมออัตราการแห้งจึงลดลง และเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงความชื้นสมดุลซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก

2.1.7.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

1) ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีความพรุน (porosity) มาก จะมีอัตราการอบแห้งเร็วเนื่องจากน้ำในอาหารสามารถเคลื่อนจากภายในออกมายานนอกได้ง่าย นอกจากนี้อาหารที่มีพื้นที่ผิวมากอัตราการอบแห้งสามารถเกิดได้เร็วเช่นกัน ทั้งนี้ก็เนื่องจากพื้นที่การระเหยของน้ำในวัสดุเพิ่มขึ้นมากนั่นเอง

2) **ขนาด รูปร่าง ปริมาตร และพื้นที่ผิว**ของอาหาร เป็น**สมบัติทางกายภาพ**ของอาหาร ที่มีผลต่อการทำแห้ง อาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมาก จะมีพื้นที่ระเหยน้ำมาก จะมีอัตราการทำแห้งเร็วขึ้น ดังนั้นหากอาหารที่มีความหนาตากอัตรากรอบแห้งจะช้ากว่าอาหารที่มีความหนาน้อยกว่าเนื่องจากอัตราการทำแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร

3) ปริมาณของอาหารที่นำมาอบแห้ง อาหารที่นำมาอบแห้งในปริมาณมากๆ จะมีอัตราการอบแห้งที่ช้าเนื่องจากอากาศร้อนไม่สามารถสัมผัสกับอาหารที่นำมาอบแห้งได้อย่างทั่วถึง จึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารได้ จึงทำให้อัตราการอบแห้งช้าลง

4) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ **ความชื้นสัมพัทธ์** ความเร็วลม และความชื้นจำเพาะ (**specific humidity**) ของอากาศเป็นสิ่งสำคัญมาก การระเหยน้ำออกจะทำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศและความเร็วลม

5) ความดัน เกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำ เนื่องจากในที่มีความดันต่ำ ลงมา น้ำจะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการทำให้แห้งเร็วขึ้น

2.1.8 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

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

2.1.8.1 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา (ประมวล, 2558)

สามารถแบ่งได้ 4 ปัจจัย ดังนี้

1) องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร องค์ประกอบของอาหารเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากองค์ประกอบอาหารจะเป็นตัวกำหนดลักษณะการเสื่อมเสียของอาหาร โดยอาหารที่เสื่อมเสียได้ง่ายมักจะมีองค์ประกอบที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ง่าย โดยองค์ประกอบหลักของอาหาร ได้แก่ น้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของผลิตภัณฑ์

2) การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อาหาร การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์มีหลายอย่าง เช่น การเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ในอาหาร การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเจริญของจุลินทรีย์ รวมถึงปฏิกิริยาทางชีวเคมีในอาหาร โดยมีปัจจัยหลักดังนี้

3) การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์ เป็นการเปลี่ยนแปลงของอาหารซึ่งเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร ซึ่งมีทั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย และจุลินทรีย์ที่ก่อโรค หรือจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารที่ลักษณะไม่เป็นไปตามต้องการ

4) การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี เป็นการเปลี่ยนของอาหารซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในอาหาร เช่น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ การเกิดการหืนหรือการย่อยสลายของโครงสร้างจากเอนไซม์ เป็นต้น

2.1.8.2 กระบวนการแปรรูปอาหาร

กระบวนการแปรรูปอาหารที่ใช้ในปัจจุบันมีความหลากหลายทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกันซึ่งกระบวนการเหล่านี้มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งขึ้นอยู่กับกลไกในกระบวนการ เช่น การใช้อุณหภูมิในการแปรรูป การลดความชื้น การใช้สารเคมีสังเคราะห์หรือการใช้สารจากจุลินทรีย์ และ การใช้สารสกัดธรรมชาติ เป็นต้น

2.1.8.3 การบรรจุ และบรรจุภัณฑ์

การบรรจุและบรรจุภัณฑ์เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาเพราะบรรจุภัณฑ์นั้นมีหน้าที่ป้องกันอาหารไม่ให้เกิดการปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาหารซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทจะมีความเหมาะสม และมีข้อดีข้อเสียในการใช้งานต่างกัน ดังนี้

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

2) บรรจุภัณฑ์โลหะ ได้แก่ กระป๋องโลหะ กระป๋องเคลือบเคลือบดีบุกหรือแลคเกอร์ เพื่อป้องกันการกร่อน ข้อดีคือสามารถผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ โดยการใช้ความร้อนร่วมกับความดันได้ดี ข้อเสียคือมีน้ำหนักมาก และอาจเกิดการปนเปื้อนหากเกิดการปริแตก

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

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

2.1.8.4 การประเมินอายุการเก็บรักษา (ประมวล, 2558)

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารเป็นกรรมวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้เราทราบถึงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารอย่างมีหลักการเพื่อกำหนดอายุของผลิตภัณฑ์ ในการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารจะพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่างๆ ซึ่งมีผลทำให้อาหารมีอายุการเก็บสั้นลง หรือมีคุณภาพลดลง จนไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคได้ ได้แก่ การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวภาพ และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

วิธีการประเมินอายุการเก็บรักษาอาหาร ทำได้ดังนี้

1) การประเมินอายุการเก็บรักษาโดยสภาวะเร่ง

เพื่อใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาก่อนการนำสินค้าไปจำหน่าย โดยพิจารณาว่าปัจจัยคุณภาพใดที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการเก็บรักษา และมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค หรือความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ เช่น คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่นรส รสชาติ หรือ เนื้อสัมผัส คุณภาพทางเคมี เช่น ความเป็นกรดค่า (pH) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity, Aw) การออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ เป็นต้น โดยนำปัจจัยหลักของการเสื่อมเสียมาพิจารณาเพื่อหาอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง แล้วนำค่าที่ได้มาเข้าสมการคณิตศาสตร์ พิจารณาจากกราฟของการเสื่อมเสีย จะสามารถคำนวณอายุการเก็บรักษาได้

2) การหาอายุการเก็บรักษาตามระยะเวลาจริง

เป็นการเก็บในสภาวะจริงตามระยะเวลาจริง โดยพิจารณาว่าปัจจัยคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการเก็บรักษา และผลการยอมรับของผู้บริโภคหรือความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะการอบแห้งเมล็ดพืชน้ำมัน มีดังนี้

López และคณะ (1979) ได้ศึกษาอิทธิพลของสภาวะการอบแห้งของถั่วเฮเซลนัท (*Corylus avellana L.*) โดยทำการวัดค่าสี โดยถั่วเฮเซลนัทแบบกะเทาะเปลือกและไม่กะเทาะเปลือกถูกนำมาอบแห้งภายใต้อุณหภูมิ 6 ระดับ (30, 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส) และตรวจสอบค่าสีด้วยระบบ CiE Lab ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของสี พบว่า ค่าความสว่าง (Lightness, L^*) ค่าโครมา (Chroma, C^*) และค่าฮิว (Hue angle, H^*) ของเมล็ดเฮเซลนัทแห้งมีการเปลี่ยนแปลง จากค่าดัชนีสีน้ำตาล (browning index) ของถั่วเฮเซลนัทในทุกอุณหภูมิที่ทำการศึกษา แบบจำลองทางจลนพลศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงค่าสีแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นค่าดัชนีสีน้ำตาลของถั่วเฮเซลนัทจะมีการเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยจากสมการ Arrhenius ได้แสดงให้เห็นว่าพลังงานกระตุ้น (E_a) 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 จากแบบจำลองอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการคั่วอบและระยะเวลาในการสัมผัสความร้อน โดยค่าความสว่าง (L -value) มีการเพิ่มขึ้นในช่วงระยะแรกของการคั่วอบที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากผลของการสะท้อนของแสงจากน้ำมันเมล็ดเฮเซลนัทที่ออกมาบริเวณพื้นผิวของเมล็ด หลังจากนั้นค่าความสว่างจึงลดลง โดยมีความสัมพันธ์กับการลดลงของค่าสีแดง (a -value) และแต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b -value) ของถั่วเฮเซลนัทที่คั่วอบ แบบทั้งเมล็ด บดหยาบ และสับหยาบ ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นอีกว่าการเพิ่มขึ้นของค่าสีแดง (a -value) ของถั่วเฮเซลนัท สามารถเป็นตัวบ่งชี้ (indicator)

ในการติดตามการเกิดสีน้ำตาลในถั่วเฮเซลนัท จากแบบจำลองการคั่วแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการคั่วอบ 110 องศาเซลเซียส นาน 20 นาทีเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการคั่วอบเมล็ดถั่วเฮเซลนัททั้ง 3 แบบ

Kahyaoglu และ Kaya (2005) ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองของความชื้นเปลี่ยนแปลงและเนื้อในเมล็ดงาในระหว่างการคั่วด้วยวิธีดั้งเดิม โดยใช้อุณหภูมิที่ 120, 150 และ 180 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที โดยศึกษาผลกระทบของระยะเวลาการให้ความร้อนและอุณหภูมิต่อปริมาณความชื้น สี และเนื้อสัมผัสของเมล็ดงา พบว่า ปริมาณความชื้น ค่าสี และคุณลักษณะทางกายภาพ (ความแข็ง และเปราะบาง) ของเมล็ดงามีการเปลี่ยนแปลงไป โดยจากการจำลองรูปแบบโดยใช้แบบจำลอง Exponential Kinetic และ Polynomial แสดงถึงค่าความชื้นของเมล็ดงาจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบ ค่าความสว่าง (lightness) ของเมล็ดงาจะเพิ่มขึ้นในตอนต้นเนื่องจากน้ำมันเมล็ดงาที่อยู่บริเวณพื้นผิวของเมล็ดและจะลดลงเมื่อผ่านการอบที่ 40 นาที เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการคั่วอบเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าสีแดง (redness) และค่าสีเหลือง (yellowness) ของเมล็ดงาเพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index) ของเมล็ดงา ในด้านเนื้อสัมผัสแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและเวลาในการคั่วอบมีผลทำให้เมล็ดงามีความเปราะบาง (fracturability) เพิ่มขึ้นและมีค่าความแข็ง (hardness) ลดลง

Zeng และคณะ (2007) ได้ศึกษาผลกระทบของกระบวนการทำแห้ง (แสงอาทิตย์ อบแห้งแบบลมร้อน อบแห้งในสภาวะสุญญากาศ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ ร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อน) ต่อการอัตราการหดตัว สีและโครงสร้างของเมล็ดบัว พบว่า เม็ดบัวที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อนมีการหดตัวน้อยและมีอัตราการคืนตัวสูงใกล้เคียงกับเม็ดบัวสดที่สุด กระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีและโครงสร้างของเม็ดบัวน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเม็ดบัวสด คุณภาพของเม็ดบัว การอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งทำให้บัวเมล็ดมีการหดตัวและอัตราส่วนการคืนตัวสูงสุด คุณภาพของเม็ดบัวแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ การอบแห้งแบบลมร้อนและการอบแห้งแบบสุญญากาศจะต่ำกว่าวัสดุอื่น ๆ ดังนั้นการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อนทำให้มีคุณภาพของเม็ดบัวอบแห้งดีที่สุด

Demir และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลองทางจลนศาสตร์เพื่อการคำนวณการเปลี่ยนแปลงสีในเมล็ดถั่วเฮเซลนัทในระหว่างการคั่วด้วยลมร้อน โดยศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิในการคั่วตั้งแต่ 100 ถึง 180 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการคั่ว 0 ถึง 1900 นาที พบว่า อุณหภูมิและเวลา

ในการคั่วอบมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดถั่วเฮเซลนัท โดยจากการตรวจติดตามผลการเปลี่ยนแปลงจากค่าสี (L^* , a และ b) ค่าความสว่าง (lightness) และค่าสีแดง (redness) แสดงให้เห็นว่าที่การคั่วอบที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างน้อยกว่าการคั่วอบที่อุณหภูมิสูง โดยค่าจริงที่ได้มีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนาย

2.9.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของขนาดอนุภาคต่อเนื้อสัมผัสอาหารที่มีลักษณะเป็นเพส (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) พบว่าเผือกสายพันธุ์สีเหลืองมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยรวมสูงกว่าสายพันธุ์สีแดง ซึ่งปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงกว่าของเผือกสายพันธุ์สีเหลืองส่งผลให้ค่าแรงยึดเกาะ (force of adhesion, FOA) ของแป้งเผือกกวนจากเผือกสีเหลืองมีค่าที่สูงกว่าแป้งเผือกกวนจากเผือกสีแดง โดยแป้งเผือกกวนที่ได้จากเผือกอบแห้งด้วยการอบแห้งด้วยไฟฟ้า แสดงให้เห็นถึงค่าแรงในการคืนตัว (force of relaxation, FOR) และ อัตราการคืนตัว (rate of relaxation, ROR) ที่ต่ำกว่า และ ค่าดัชนีความหนืด (viscoelasticity index, VEI) สูงกว่าแป้งเผือกกวนที่ได้จากเผือกอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ นอกจากนี้จากการศึกษาายังแสดงให้เห็นว่า ขนาดของอนุภาคที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า FOA ความแข็ง และ FOR ของแป้งเผือกกวนลดลง แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงในค่า ROR และ VEI ในแป้งเผือกกวนจากเผือกทั้ง 2 สายพันธุ์ โดยผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Principle Component Analysis (PCA) ระหว่างแป้งเผือกกวนจากเผือกอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ และแป้งเผือกกวนตามกรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมแสดงให้เห็นว่าแป้งเผือกกวนจากเผือกอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ที่ขนาดอนุภาค 500 และ 1000 ไมโครเมตร มีคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแป้งเผือกกวนที่ทำตามกรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม

2.9.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไฮโดรคอลลอยด์ในอาหารที่มีลักษณะเป็นเพส (paste) มีดังนี้

Razavi และคณะ (2007) ได้ศึกษา คุณสมบัติของการไหลของงาบค่อนไขมันต่ำโดยใช้น้ำเชื่อมอินทผลัมและเพิ่มสารทดแทนไขมัน คือ กัวร์กัม (ร้อยละ 0.1, 0.15 และ 0.2) แชนแทนกัม (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 แชนแทนกัม และสตาร์ช ในงาบคมีผลให้อัตราการไหลของงาบคลดลง โดยแชนแทนกัม ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02 มีค่าความหนืดสูงสุด โดยงาบคที่เพิ่มสารทดแทนไขมันทุกชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีความหนืดลดลงเมื่ออุณหภูมิของงาบคเพิ่มขึ้น

Krystijan และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มความหนืดของซอสคาราเมลด้วยแป้งมันฝรั่งและแชนแทนกัม โดยใช้อัตราส่วนของแป้งมันฝรั่งร้อยละ 0.2-0.3 และแชนแทนกัมร้อยละ 0.02-0.05 และทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัส ก่อนและหลังการเก็บรักษานาน 7 เดือน พบว่าอัตราส่วนของแชนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความข้นของซอสคาราเมล และจากการทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซอสคาราเมลที่ผ่านการเก็บรักษานาน 7 เดือน พบว่าซอสคาราเมลที่ใช้แป้งมันฝรั่งร้อยละ 0.3 และแชนแทนกัม ร้อยละ 0.02 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด

Heyman และ คณะ (2014) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติการไหลของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy maize) ดัดแปลง โดยการเพิ่มกัวร์กัมและแชนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.0, 0.2 และ 0.4 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) โดยศึกษาสมบัติการไหลของแป้งที่อุณหภูมิ 20-85 องศาเซลเซียส พบว่า กัมทั้งสองชนิดที่ผลทำให้ความหนืดของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเพิ่มขึ้นในระหว่างที่แป้งข้าวโพดเกิดการพองตัว โดยจากการทดสอบคุณสมบัติการไหลแบบไดนามิก แสดงถึงอัตราการไหลของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวที่อุณหภูมิต่ำมีค่าน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง และพบว่า การเพิ่มกัวร์กัมและแชนแทนกัมในแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวมีผลทำให้ความหนืดของเม็ดแป้งลดลง เนื่องจากกัมทั้งสองชนิดไปขัดขวางการเชื่อมต่อของโครงสร้างเม็ดแป้งซึ่งมีผลต่อความยืดหยุ่นและการเชื่อมโยง แม้ว่ากัวร์กัมและแชนแทนกัมมีความสามารถในการลดความหนืดของเม็ดแป้งแต่การเพิ่มขึ้นของปริมาณกัมในแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวนั้นยังมีผลทำให้อัตราแรงเฉือนของแป้งเพิ่มขึ้น

Lutfi และคณะ (2017) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของแซนแทนกัม (xanthan gum) กัวร์กัม (guar gum) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose, CMC) และ กัมอาคาเซีย (gum acacia) ต่อคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งแหว โดยการกวนแป้งแหวร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ในแป้งแหวกวนมีผลทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งแหวลดลง เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ไปขัดขวางการเชื่อมต่อโครงสร้างของระหว่างเม็ดแป้ง โดยการใส่แซนแทนกัมร่วมกับแป้งแหวมีแนวโน้มช่วยให้แป้งแหวจับตัวกับน้ำได้ดีขึ้น เมื่อใช้แป้งแหวร่วมกับกัวร์กัมหรือกัมอาคาเซียจะทำให้แป้งแหวกวนที่ได้มีการหดตัวของเจล (syneresis) สูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อใช้กัวร์กัมร่วมกับแป้งแหวยังมีผลทำให้แป้งแหวกวนที่ได้มีความใส (clarity) เพิ่มขึ้น และการใส่ CMC ในแป้งแหวมีผลทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจล (gelatinization) ของแป้งแหวกวนลดลง โดยจากการทดสอบทั้งหมดผลโดยรวมที่ได้จากการทดสอบแสดงถึงแซนแทนกัมมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งแหวมากที่สุด โดยการศึกษานี้มีผลครอบคลุมคุณสมบัติการเกิดเพส (pasting) และคุณสมบัติการไหล (rheological properties) ของแป้งแหวในเชิงพาณิชย์นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์อาหารปราศจากกลูเตน (gluten free product)

Sharma และคณะ (2017) ได้ศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆต่อเนื้อสัมผัสของแครอทบดในด้านสมบัติการไหลและการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ได้แก่ แป้งคัดแปร แซนแทนกัม (xanthan gum) คาราจีแนน (carrageenan) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose, CMC) เพคติน (pectin) เจลแลนกัม (gellan gum) และแป้งผสมกัม (starch-gum blend, SGB) พบว่าแครอทบดที่มีส่วนประกอบของเพคตินและคาราจีแนนมีความแข็งมากที่สุด แต่เพคตินมีผลทำให้แครอทบดเกิดการแตกตัวขณะบดเคี้ยวได้มากกว่าคาราจีแนน ในขณะที่ CMC และ SGB มีความนุ่มมากที่สุดและมีการเกาะตัวทำให้สามารถบดเคี้ยวได้ง่ายกว่า โดยจากการทดสอบหาความหนืดของแครอทบดแสดงให้เห็นว่า CMC แซนแทนกัม และ SGB มีค่าความหนืดที่ใกล้เคียงกัน และจากการผลทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้สูงอายุแสดงให้เห็นว่า ค่าความหนืด (viscosity) อัตราการไหล (flow behavior) และค่าความหนืด (gumminess) ของแครอทบดมีความสัมพันธ์กับความชอบของผู้บริโภค โดยจากการศึกษาพบว่า CMC และ SGB มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในแครอทบดสำหรับผู้สูงอายุมากที่สุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 เมล็ดแดงโคมกษะเพาะเปลือกจากประเทศจีน
- 3.1.2 เมล็ดถั่วดาวอินคาคิบกะเพาะเปลือก (อำเภอ พบพระ จังหวัด ตาก)
- 3.1.3 เมล็ดอัลมอลด์บด (บริษัท Heritage จำกัด, ประเทศไทย)
- 3.1.4 มาร์ชี่แพน (บริษัท Schmidt จำกัด, ประเทศไทย)
- 3.1.5 น้ำตาลทราย (บริษัท มิตรผล จำกัด, ประเทศไทย)
- 3.1.6 ไข่ขาว (บริษัท เครื่องเจริญโภคภัณฑ์ จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.2.1 อุปกรณ์ในการผลิตผงเมล็ดแดงโคมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคา
 - 3.2.1.1 ตู้อบแบบถาด (tray dryer) (บริษัท โปรเกรส อีเล็กโทรนิค, ประเทศไทย)
 - 3.2.1.2 ตะแกรงร่อนขนาด 700 630 และ 560 ไมครอน
 - 3.2.1.3 เครื่องปั่นผสมอาหาร (food processor) (Bosch รุ่น MCM64060, ประเทศเยอรมนี)
 - 3.2.1.4 อ่างผสมสแตนเลส
 - 3.2.1.5 ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminium can)
- 3.2.2 อุปกรณ์ในการผลิตมาร์ชี่แพน
 - 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 ถูพลาสติก PE
- 3.2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ
 - 3.2.3.1 เครื่องวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (Aw) (Aqualab รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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 การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของผงดิบของเมล็ดอัลมอนด์ เมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

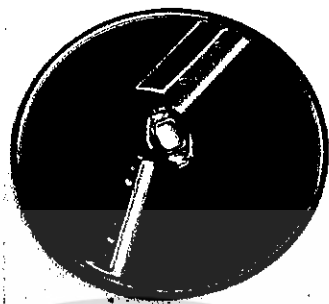
เตรียมตัวอย่างอัลมอนด์บด เมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาดิบที่กะเทาะเปลือกโดยนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (food processor) นาน 1 นาที และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน โยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต) ตามวิธีของ AOAC (2000) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวกที่ ก1.2.2, ก1.3-ก1.7)

3.3.2 การศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

นำเมล็ดแดงโมดิบที่กะเทาะเปลือกแล้วมาต้มในน้ำเดือด นาน 20 นาที โดยใช้หม้อสเตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ความสูง 5 นิ้ว โดยมีอัตราส่วนของเมล็ดแดงโมดิบ 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 3 ลิตร และนำเมล็ดแดงโมมาแช่ในน้ำเย็นผสมน้ำแข็ง นาน 3 นาที จากนั้นสะเด็ดน้ำออกและนำไปอบด้วยเครื่องแบบลมร้อนแบบถาด โดยกำหนดปริมาณเมล็ดแดงโม 250 กรัมต่อ 1 ถาด (ขนาด 63 x 80 เซนติเมตร) ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 270 นาที และทำการสุ่มตัวอย่างทุก 30 นาที (0-270 นาที)

นำเมล็ดถั่วดาวอินคาดิบที่กะเทาะเปลือกแล้วมาต้มในน้ำเดือด นาน 20 นาที โดยใช้หม้อสเตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ความสูง 5 นิ้ว โดยมีอัตราส่วนของเมล็ดแดงโมดิบ 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 3 ลิตร และนำเมล็ดถั่วดาวอินคาไปแช่ในน้ำเย็นผสมน้ำแข็ง นาน 3 นาที จากนั้นสะเด็ดน้ำออก จากนั้นสไลด์เป็นแผ่นบางความหนา 2 มิลลิเมตรด้วยชุดใบมีดหั่นสไลด์ (ภาพที่ 3.1) ด้วยเครื่องปั่นผสม (food processor) และนำไปอบด้วยเครื่องแบบลมร้อนแบบถาด โดยกำหนดปริมาณเมล็ดถั่วดาวอินคา

250 กรัม ต่อ 1 ถาด (63x80 เซนติเมตร) ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 270 นาที และทำการสุ่มตัวอย่างทุก 30 นาที (0-270 นาที)



ภาพที่ 3.1 ไขมีดหั่นสไลด์

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

3.3.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ล็ดแดงโมและเม็ล็ดถั่วขาวอินคาอบแห้ง

ตัวอย่างเม็ล็ดแดงโมและเม็ล็ดถั่วขาวอินคาที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างนำมาปั่นเพื่อลดขนาดด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (food processor) โดยใช้ความเร็วสูงสุด นาน 1 นาที และนำไปวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

3.3.2.1.1 ค่าความชื้น (Moisture content)

ตัวอย่างเม็ล็ดแดงโมและเม็ล็ดถั่วขาวอินคาปั่น 3 กรัม นำมาวิเคราะห์หาความชื้นด้วยเครื่อง Halogen moisture analyzer โดยใช้โหมดธาตุฟิช อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ก1.2.1)

3.3.2.1.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, Aw)

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

3.3.2.1.3 ค่าสีและค่าดัชนีสีน้ำตาล (Color measurement and Browning index)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาขึ้น 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

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

$$\text{เมื่อ } x = (a + 1.75L) / (5.645L + a - 0.3012b)$$

3.3.2.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

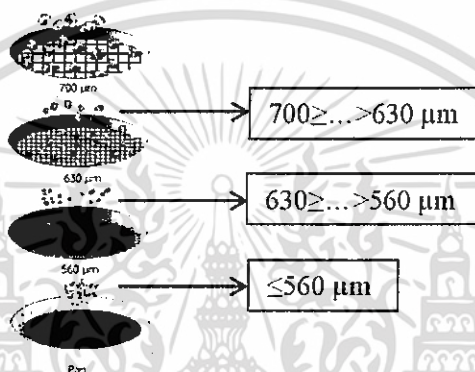
วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้ง โดยมีตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิในการอบแห้ง และระยะเวลาในการอบแห้ง ตัวแปรตามคือ ค่าความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี และค่าดัชนีสีน้ำตาล ของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้ง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design,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

สภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาจะเลือกจาก ค่าปริมาณความชื้นของเมล็ดอบแห้ง น้อยกว่า ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง (Akinoso, 2002) ค่าปริมาณน้ำอิสระ น้อยกว่า 0.6 และค่าดัชนีสีน้ำตาลของเมล็ดอบแห้งเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้น (0 นาที) น้อยที่สุด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของสีน้ำตาลของผงเมล็ดพืชน้ำมันจะส่งผลของสีของผลิตภัณฑ์ มาร์ชชีแพน

3.3.3 การศึกษาขนาดของอนุภาคของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำเป็นผงเพื่อใช้ในการทำมาร์ชชีเพนศึกษา โดยเตรียมเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วคาวอินคา ที่ผ่านการอบแบบลมร้อนด้วยสภาวะที่เลือกจาก 3.2 มาป่นเพื่อลดขนาดด้วยเครื่องบั่นผสมอาหาร (food processor) โดยป่นเมล็ดพืชน้ำมัน 200 กรัม ด้วยโถบั่นของแห้ง ด้วยความเร็วสูงสุด นาน 1 นาที ผงที่ได้จากการบั่นจะนำมาร่อนเพื่อแยกขนาดอนุภาคของผงด้วยเครื่องร่อน ด้วยตะแกรงขนาด 700, 630 และ 560 ไมโครเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3.2 ผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วคาวอินคาที่ผ่านการร่อนแยกขนาด เก็บในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศเพื่อใช้ในการทำมาร์ชชีเพนต่อไป (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ง1)



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการร่อนแยกขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงร่อน

3.3.3.1 การทำมาร์ชชีเพน (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ง2)

3.3.3.1.1 การเตรียมน้ำตาลทรายบดละเอียด

ป่นน้ำตาลทราย 200 กรัม ในโถบั่นของแห้งของเครื่องบั่นผสมอาหาร (food processor) ด้วยความเร็วสูงสุด นาน 2 นาที ร่อนน้ำตาลทรายบดละเอียดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 250 ไมครอน

3.3.3.1.2 การเตรียมเมอแรงค์ไข่ขาว

ตีไข่ขาว 100 กรัม ด้วยเครื่องตีผสม ด้วยหัวตีแบบตะกร้อ ด้วยความเร็วสูงสุด นาน 5 นาทีจนตั้งยอดแข็ง

3.3.3.1.3 ขั้นตอนการทำมาร์ชชีเพน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำผงเมล็ดแมงโทและผลเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ได้มาทำเป็นมาร์ซิแพน โดยใช้ส่วนประกอบในตารางที่ 3.1 โดยทำการร่อนผงเมล็ดแมงโทหรือเมล็ดถั่วดาวอินการ่วมกับน้ำตาลทรายบดละเอียด และเติมเมอแรงค์ไข่ขาวลงในส่วนผสม และทำการปั้นส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสม ที่ความเร็วระดับ 4 (ปานกลาง) นาน 5 นาที ด้วยหัวตี ใบพาย จากนั้นตะล่อมส่วนผสมด้วยพายยางให้เข้ากันจนสามารถขึ้นรูปเป็นก้อน เก็บตัวอย่างมาร์ซิแพนในถุงพลาสติกในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำตัวอย่างไปวิเคราะห์

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของมาร์ซิแพน

	น้ำหนัก (กรัม)
ผงเมล็ดแมงโท หรือ ผงเมล็ดถั่วดาวอินคา	100
น้ำตาลทรายบดละเอียด	50
เมอแรงค์ไข่ขาว	30

ที่มา : ดัดแปลงจาก Griffith และ Linda (2003)

3.3.3.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแมงโทและผงถั่วดาวอินคา

ตัวอย่างมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดแมงโทและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ได้นำไปวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA -XT plus โดยตัวอย่างมาร์ซิแพนจะถูกนำมาปรับอุณหภูมิภายในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส จึงนำมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยเตรียมตัวอย่างมาร์ซิแพนขนาด 1 ลูกบาศก์นิ้ว ใช้หัววัดคือ P/35 (35 Dia cylinder aluminium) และตั้งสถานะในการวัดคือ 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) โดยใช้มาร์ซิแพนจากเมล็ดอัลมอลด์บด เป็นตัวควบคุม (control) ดัดแปลงจากวิธีการของ Bourne (2000) เพื่อหาขนาดของอนุภาคของผงเมล็ดแมงโทและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการทำมาร์ซิแพน ตัวอย่างมาร์ซิแพนจากการทดสอบจะนำมาเปรียบเทียบค่าเนื้อสัมผัสกับมาร์ซิแพนจากเมล็ดอัลมอลด์บด ตัวอย่างที่มีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับมาร์ซิแพนจากอัลมอลด์บด จะถูกเลือกเพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ก2.2)

3.3.3.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างมาร์ชชีแพนที่ถูกเลือกจากข้อ 3.3.3.2 จะถูกนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส ร่วมกับมาร์ชชีแพนทางการค้า (บริษัท Schmidt จำกัด) โดยการวัดระดับความชอบ และความพอดีของผลิตภัณฑ์ เพื่อพิจารณาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อมาร์ชชีแพนจากผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่ววอินคา และนำเอาค่าความพอดีที่ได้มาใช้ในการพัฒนาสูตรของมาร์ชชีแพน 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

วิเคราะห์ความแตกต่างของการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ชชีแพน โดยมีตัวแปรต้น คือ ขนาดของอนุภาคของผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่ววอินคาที่ 700, 630 และ 560 ไมโครเมตร ตัวแปรตาม คือ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าการเกาะตัว ของมาร์ชชีแพน 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)

วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ชชีแพน 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) ที่ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 21)

จากผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและการประเมินทางประสาทสัมผัสเลือกชนิดของเมล็ดพืชน้ำมันที่เหมาะสม (เมล็ดแดงโม หรือ เมล็ดถั่วดาวอินคา) และขนาดอนุภาคของเมล็ดที่เลือกที่เหมาะสมสำหรับการทดแทนผงเมล็ดอัลมอนต์ในการทำมาร์ชชีเพน

3.3.4 การปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ชชีเพนจากเมล็ดพืชน้ำมัน

3.3.4.1 การปรับปรุงสูตรของมาร์ชชีเพน

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

ในการประมวลผลข้อมูล สิ่งทดลองทั้งหมดจากการทดลอง ในตารางที่ 3.2 จะถูกนำมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

3.3.4.1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1) ค่าความชื้น (Moisture content)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.1

2) ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, A_w)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.2

3) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ชชีเพน

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.3.2

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

3.3.4.1.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.1.3 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 จากนั้นทำการกำหนดค่าคุณภาพของมาร์ชี่แพนเพื่อนำมาแทนค่าในสมการ โดยมี ค่าความแข็ง (hardness) สูงสุด ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) ต่ำสุด และค่าการเกาะตัว (cohesiveness) สูงสุด และมีคะแนนการประเมินความชอบแต่ละคุณลักษณะมากกว่า 6 คะแนน เพื่อหาอัตราส่วนของสูตร (ปริมาณผงเมล็ดพืชน้ำมัน น้ำตาลทรายบดละเอียด และเมอแรงค์) ที่เหมาะสมของมาร์ชี่แพนจากเมล็ดพืชน้ำมันทดแทน และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาปรับปรุงคุณภาพในขั้นตอนต่อไป

3.3.4.2 การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของมาร์ชี่แพนที่มีการทดแทนด้วยเมล็ดพืชน้ำมัน

สูตรมาร์ชี่แพนที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.4.1 จะถูกปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสด้วยไฮโดรคอลลอยด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ คอรัณสตาร์ช (ร้อยละ 0.75, 1.25 และ 1.75) กัวร์กัม (ร้อยละ 0.1, 0.15 และ 0.2) แชนแทนกัม (ร้อยละ 0.01, 0.015 และ 0.02) และอาราบิกกัม (ร้อยละ 0.1, 0.15 และ 0.2) มาร์ชี่แพนที่ได้จะถูกนำมาทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

3.3.4.1.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1) ค่าความชื้น (Moisture content)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.1

2) ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, Aw)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.2

3) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ชี่แพน

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.3.2

3.3.4.1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.4.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.1.3 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) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 21)

เลือกมาร์ชแพนโดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ด้านค่าเนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง และค่าการเกาะตัวเพิ่มขึ้น และค่าการเกาะพื้นผิวลดลง) ร่วมกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.3.5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ชแพนจากเมล็ดพืชน้ำมันทดแทน

มาร์ชแพนจากพืชน้ำมันทดแทนที่ได้จากข้อ 3.4 และปรับปรุงเนื้อสัมผัสแล้ว ถูกนำศึกษาหาค่าประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ และศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีการเร่งสภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

3.3.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมาร์ชแพน โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวกที่ ก1.2.2, ก1.3-ก1.7)

3.3.5.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษา

ทำการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีการเก็บในสภาวะจริงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และการเร่งสภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในตู้บ่ม ทำการสุ่มตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 0 ของการเก็บรักษาและทุก ๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ระหว่างการเก็บรักษาเพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.2.1 การวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value)

นำตัวอย่างมาร์ชี่แพนมาวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ด้วยวิธีการไทเทรต (Titration method) ตามวิธีของ AOAC (2000) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ก1.8)

3.3.5.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.3.5.2.3 ค่าความชื้น (Moisture content)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.1

3.3.5.2.4 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, Aw)

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.2.1.2

3.3.5.2.5 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ชี่แพน

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.3.2

3.3.5.3 การวิเคราะห์จุลินทรีย์

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

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

3.3.5.4 การประเมินทางประสาทสัมผัส

วิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.4.1.2

3.3.5.5 การคำนวณอายุการเก็บรักษา

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์และคุณสมบัติทางกายภาพของมาร์ชี่แพน ที่เก็บรักษาในสภาวะจริงและสภาวะเร่ง จะถูกนำมาใช้เป็นตัวชี้บ่งชี้คุณภาพในการคำนวณอายุ การเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ชี่แพน โดยใช้สมการของอาร์เรเนียส (Arrhenius's equation) (รายละเอียด แสดงในตารางที่ ก1.1 และ ก1.2)

3.3.5.6 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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนต์ เมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนต์ เมล็ดแดง โมและเมล็ดถั่วดาวอินคาดิบ กะเทาะเปลือก โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนต์ เมล็ดแดงโม และเมล็ดถั่วดาวอินคา

องค์ประกอบทางเคมี	เมล็ดอัลมอนต์	เมล็ดแดงโม	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
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	19.60 ± 0.02	23.90 ± 0.05	22.75 ± 0.09

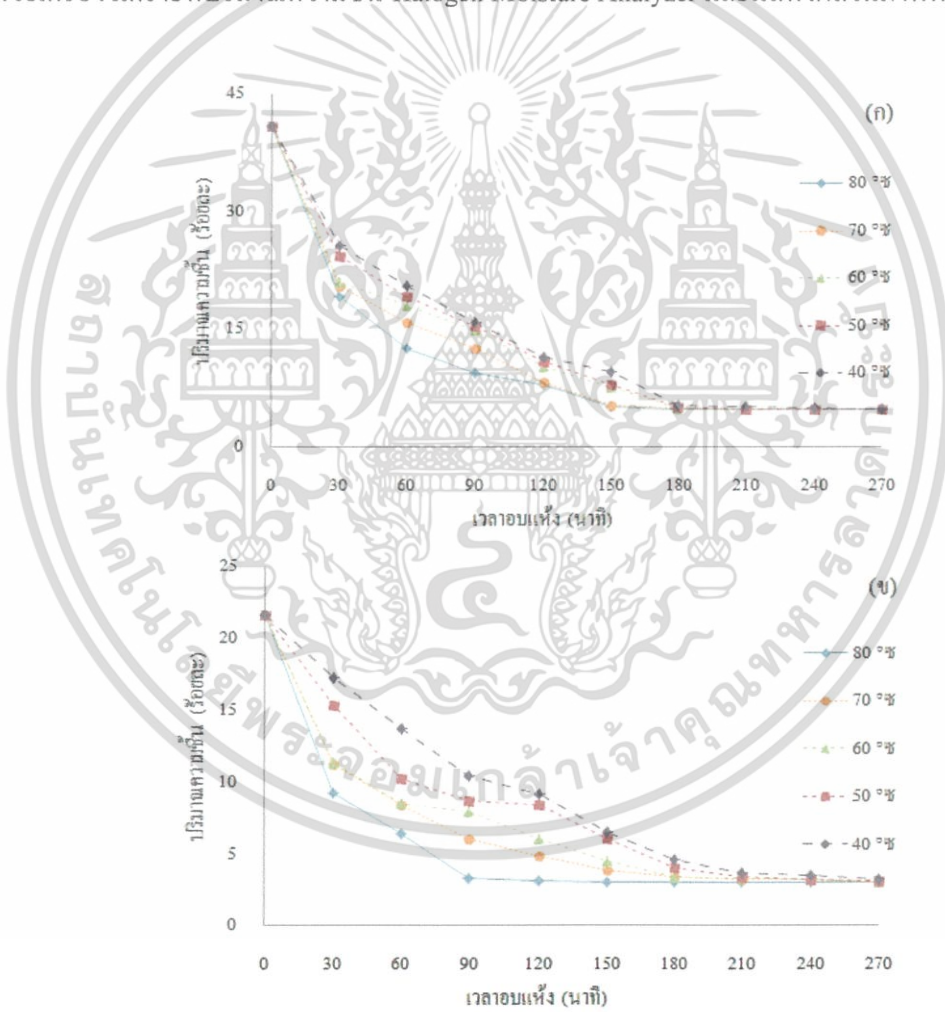
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดอัลมอนต์ เมล็ดแดงโม และเมล็ดถั่วดาวอินคา พบว่า เมล็ดแดงโมมีปริมาณของ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 24.42, 43.36 และ 22.75 ตามลำดับ และเมล็ดถั่วดาวอินคามีปริมาณของ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 27.59, 40.99 และ 23.90 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเมล็ดพืชน้ำมันทั้ง 2 ชนิด กับเมล็ดอัลมอนต์ที่มีปริมาณของ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 23.68, 45.21 และ 19.60 ตามลำดับ ซึ่งมีความใกล้เคียงกับปริมาณที่พบในเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา จากผลวิเคราะห์ที่กล่าวมาแสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นในการนำเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา มาทดแทนเมล็ดอัลมอนต์ในการทำมาร์ชชีแพนได้

4.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

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

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาระหว่างการอบแห้ง

ศึกษาปริมาณความชื้นของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา โดยทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาในระหว่างการอบแห้งทุก 30 นาที (0-270 นาที) นำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น Halogen Moisture Analyzer และแสดงผลในภาพที่ 4.1



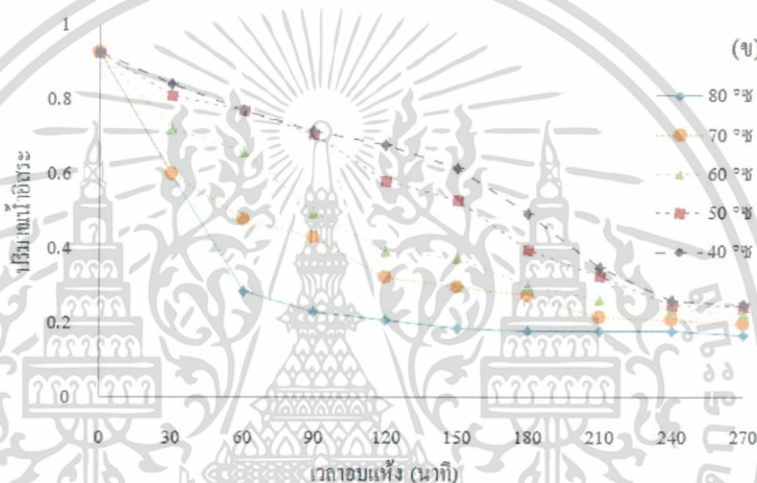
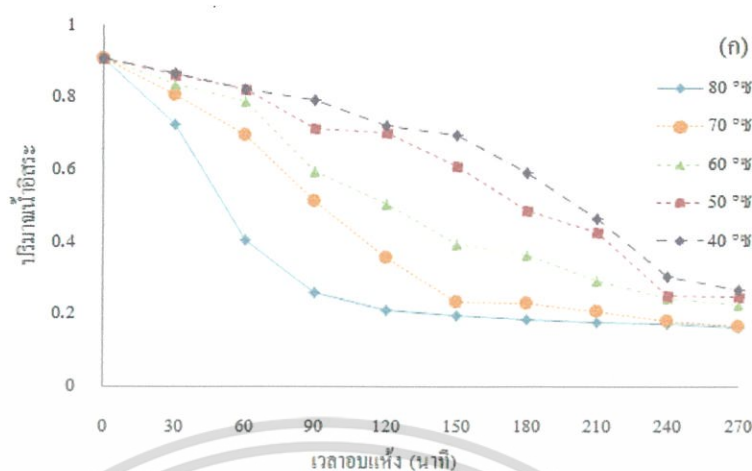
ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น(ร้อยละ) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดแดงโม (ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณความชื้นของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 90 นาทีแรกของการอบแห้งเมล็ดแดงโม (ภาพที่ 4.1ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ภาพที่ 4.1ข) และค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่องจนเข้าสู่สภาวะคงที่ การอบแห้งที่อุณหภูมิที่สูงมีผลทำให้ปริมาณความชื้นของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคามีอัตราการลดลงอย่างรวดเร็วกว่าเมื่อเทียบกับการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้น้ำในเมล็ดพืชสามารถระเหยออกมาได้เร็วกว่า โดยปริมาณความชื้นของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาจะเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ เมื่อผ่านระยะเวลาในการอบแห้ง 180 และ 240 นาที ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าเมล็ดถั่วดาวอินคานั้นมีอัตราการระเหยของน้ำที่ต่ำกว่าเมล็ดแดงโม เมื่อพิจารณาจากปริมาณเส้นใยของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา (ตารางที่ 4.1) เส้นใยของเมล็ดแดงโมนั้นมีปริมาณที่น้อยกว่าเมล็ดถั่วดาวอินคา คือ 4.67 และ 5.38 ตามลำดับ ปริมาณเส้นใยที่มากกว่าของเมล็ดถั่วดาวอินคาอาจมีผลต่ออัตราการลดลงของปริมาณความชื้นในการอบแห้ง เนื่องจากเส้นใยอาหารมีองค์ประกอบของโพลีแซคคาไรด์ที่มีหมู่ไฮดรอกซีอิสระจำนวนมากที่สามารถสร้างพันธะกับไฮโดรเจนของน้ำได้ ทำให้มีความสามารถในการเก็บกักน้ำไว้ภายในโครงสร้างของอาหารซึ่งมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอาหาร (Water Holding Capacity) ปริมาณเส้นใยที่ต่างกันจึงมีผลทำให้อัตราการการอบแห้งของอาหารแตกต่างกัน (Jongaroontaprangsee และคณะ, 2007; Westenbrink และคณะ, 2013) ทำให้ปริมาณความชื้นของเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีอัตราการลดลงและเข้าสู่สภาวะคงที่ช้ากว่าเมล็ดแดงโมอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาในการอบเดียวกัน

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระในอาหารของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาระหว่างการอบแห้ง

ศึกษาปริมาณน้ำอิสระของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาว โดยทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวในระหว่างการอบแห้งทุก 30 นาที (0-270 นาที) นำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ และแสดงผลในภาพที่ 4.2



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

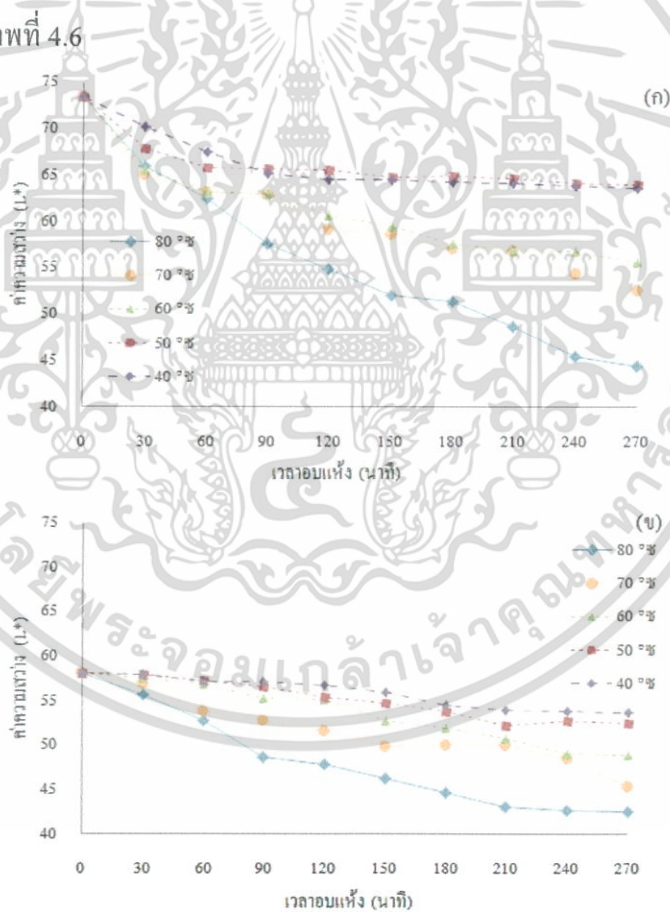
ภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดเตงโม (ภาพที่ 4.2ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ภาพที่ 4.2ข) ซึ่งมีอัตราการลดลงอย่างต่อเนื่องในรูปแบบที่คล้ายคลึงกันทั้งในเมล็ดเตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดเตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีผลต่อการลดลงของปริมาณน้ำอิสระมากที่สุด โดยปริมาณน้ำอิสระของเมล็ดเตงโมลดลงจาก 0.91 เป็น 0.26 และปริมาณน้ำอิสระของเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลงจาก 0.92 เป็น 0.23 ในเวลา 90 และ 60 นาทีแรกของการอบแห้ง ตามลำดับ และเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ ในขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสมีผลทำให้ปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดเตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลงช้าๆ อย่างต่อเนื่องและเข้าสู่สภาวะคงที่ในเวลาอบแห้ง 270 นาที จากผลการทดลองแสดงอัตราการลดลงของปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดเตงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งเช่นเดียวกับการทดลองของ Aktas และ Polat (2007) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปริมาณน้ำอิสระของถั่วพิสตาชิโออบแห้งแบบลมร้อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40-60 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราการลดลงของปริมาณน้ำอิสระในถั่วพิสตาชิโอจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง (dehydration) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำอิสระในอาหาร การใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้งจึงทำให้ปริมาณน้ำอิสระในอาหารลดลงได้เร็วกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (Barbosa และคณะ, 2008) ดังนั้นการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจึงมีผลทำให้ปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลงอย่างรวดเร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

4.2.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา ระหว่างการอบแห้ง

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



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

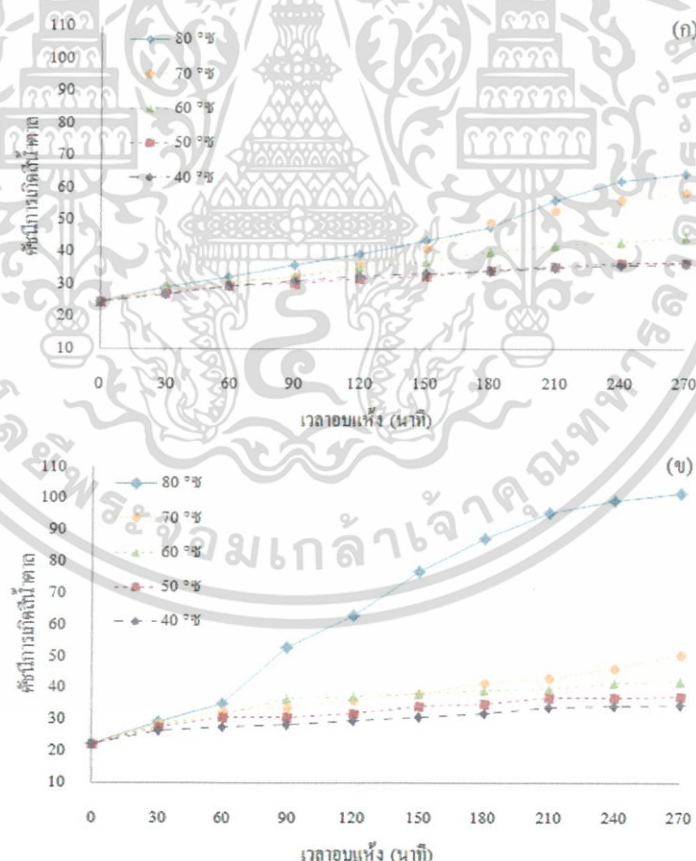
ภาพที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L-value) ในระหว่างการอบแห้งเมล็ดแดงโม (ภาพที่ 4.3ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ภาพที่ 4.3ข) พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลทำให้ค่าความสว่างของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลง การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างมากที่สุด คือเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีค่าความสว่างลดลงจากเวลาอบแห้งที่ 0 ถึง 270 นาที ลดลงจาก 73.35 เป็น 44.33 และ 58.01 เป็น 42.54 ตามลำดับ ในขณะที่การอบแห้งเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างน้อยที่สุดจากเวลาอบแห้งที่ 0 ถึง 270 นาที จาก 73.35 เป็น 63.65 และ 58.01 เป็น 53.74 ตามลำดับ จากรูปที่ 4.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งซึ่งมีผลต่อการลดลงของค่าความสว่างของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา โดยผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับ Moss และ Otten (1989) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของถั่วลิสงในระหว่างการคั่วอบแห้งที่อุณหภูมิจาก 157-171 องศาเซลเซียส นาน 2-20 นาที พบว่าค่าความสว่างของถั่วลิสงคั่วอบแห้งมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง และ Lopez และคณะ (1997) ซึ่งศึกษาการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในถั่วเฮเซลนัทอบแห้งที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความสว่างของถั่วเฮเซลนัทมีค่าลดลงเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง โดยค่าความสว่างที่ลดลงมีผลจากการเพิ่มขึ้นของรงควัตถุสีน้ำตาลในระหว่างการอบแห้งซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหารที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด เนื่องจากมีน้ำตาลและกรดอะมิโนหรือโปรตีนในเมล็ดพืชเป็นสารตั้งต้น โดยองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันอาจมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเมล็ดพืช (Jongaroontaprangsee และคณะ, 2007; Huang, 2014) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาพบว่าเมล็ดแดงโมมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเมล็ดมากกว่าเมล็ดถั่วดาวอินคา



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลือง (a*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) (นที) เมล็ดเตงโม (ก) และเมล็ดถั่ววาวินคา (ข)
 ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลือง (b*) และเวลาในการอบแห้ง (นาที) เมล็ดเตงโม (ก) และเมล็ดถั่ววาวินคา (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a-value) และภาพที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b-value) ในระหว่างการอบแห้งเมล็ดแดง โมและเมล็ดถั่วดาวอินคา พบว่าค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเมล็ดแดง โมและเมล็ดถั่วดาวอินคา มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้ง โดยการอบแห้งเมล็ดแดง โมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงและค่าสีเหลืองในเมล็ดแดง โมและเมล็ดถั่วดาวอินคา มากที่สุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นมีผลไปในทิศทางเดียวกับถั่วเฮลลันท์ (Lopez และคณะ, 2007) และเมล็ดบัว (Zeng, 2007) ซึ่งศึกษาการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเมล็ดพีชมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง โดยการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงและค่าสีเหลืองนั้นเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่าสีแดงยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่สามารถบ่งชี้การเกิดสีน้ำตาลในอาหารอีกด้วย (Kahyaoglu และ Kara, 2006)



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีสีน้ำตาล (BI) ในระหว่างการอบแห้ง เมล็ดแดงโม (ภาพที่ 4.6ก) และเมล็ดถั่วดาวอินคา (ภาพที่ 4.6ข) พบว่า ค่าดัชนีสีน้ำตาลในเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง โดยค่าสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นมีผลสัมพันธ์กับการลดลงของค่าความสว่าง (ภาพที่ 4.3) และการเพิ่มขึ้นของค่าสีแดงและเหลืองของเมล็ดพืชทั้ง 2 ชนิด (ภาพที่ 4.4 และ 4.5) การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (40-50 องศาเซลเซียส) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีสีน้ำตาลเพียงเล็กน้อย แต่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีสีน้ำตาลอย่างมาก คือ เมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีค่าดัชนีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นจาก 24.49 เป็น 64.31 และ 22.38 เป็น 101.56 ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าสีน้ำตาลของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา มีผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกับการอบแห้งถั่วเฮเซลนัท (Lopez และคณะ, 2007) และเม็ดบัว (Zeng, 2007) ที่ใช้การอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส และงาคั่วอบ (Kahyaoglu และ Kara, 2006) ที่คั่วอบแห้งที่ (120-180 องศาเซลเซียส) พบว่า ค่าสีน้ำตาลของเมล็ดพืชมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีสีน้ำตาลอาจมีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณน้ำอิสระในระหว่างการอบแห้ง โดยเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีสีน้ำตาล (ภาพที่ 4.6) และอัตราการลดลงของปริมาณน้ำอิสระ (ภาพที่ 4.2) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าดัชนีสีน้ำตาลของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณน้ำอิสระของเมล็ดพืชทั้ง 2 ชนิดลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการลดลงของปริมาณน้ำอิสระในอาหารเป็นปัจจัยเร่งในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในอาหาร เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด สามารถเกิดขึ้นในอาหารที่มีปริมาณน้ำอิสระในช่วง 0.2-0.8 (Fennema, 1996; Ozdemir และ Devres, 2000)

จากภาพที่ 4.1-4.6 แสดงผลของสภาวะการอบแห้งที่มีผลต่อเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้งในด้านต่างๆ ทำให้สามารถใช้ค่าการวิเคราะห์ที่กล่าวมาในการคัดเลือกสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของการอบแห้งเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา โดยใช้ปัจจัยทางเคมีและกายภาพร่วมกัน โดยสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาโดยเลือกจากสภาวะการอบแห้งที่ให้ผลของปริมาณความชื้นของเมล็ดอบแห้ง น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง (Akinoso, 2002) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร น้อยกว่า 0.6 และค่าดัชนี

สีน้ำตาลของเมล็ดอบแห้งเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้น (0 นาที) น้อยที่สุด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของสีน้ำตาลของผงเมล็ดพืชน้ำมันจะส่งผลของสีของผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพน 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) สภาวะการอบแห้งที่เลือกนี้จะถูกนำไปใช้ในการเตรียมเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่จะนำมาทำเป็นผงเพื่อศึกษาผลของอนุภาคที่เหมาะสมในการทำเป็นผงเพื่อใช้ในการทำมาร์ชชีแพนต่อไป

4.3 ผลการศึกษาขนาดของอนุภาคของเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการทำเป็นผงเพื่อใช้ในการทำมาร์ชชีแพน

เมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวที่ผ่านการอบแบบลมร้อนด้วยสภาวะที่เลือกจากข้อ 4.2 นำมาลดขนาดด้วยเครื่องบดผสม (food processor) ร้อนเพื่อแยกขนาดอนุภาคของผงด้วยเครื่องร้อน โดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 700, 630 และ 560 ไมโครเมตรตามลำดับ นำผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ได้มาใช้ในการทำมาร์ชชีแพนแล้วทำการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.3.1 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ชชีแพนจากผงเมล็ดแดง โมและผงถั่วดาวอินคาแต่ละขนาดอนุภาค

ผงเมล็ดแดง โมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีขนาดอนุภาคต่างกันถูกนำมาทำมาร์ชชีแพน และทำการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมาร์ชชีแพนด้วยการวิเคราะห์ Texture Profile Analysis (TPA) ทางด้านความแข็ง (hardness) การเกาะพื้นผิว (adhesiveness) และการเกาะตัว (cohesiveness) แสดงผลในตารางที่ 4.2 พบว่า การลดขนาดของผงเมล็ดแดง โมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีผลทำให้ค่าความแข็ง และค่าการเกาะตัวของมาร์ชชีแพนทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ค่าการเกาะพื้นผิวของมาร์ชชีแพนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมาร์ชชีแพนจากผงเมล็ดแดง โมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 560 ไมโครเมตร มีค่าความแข็งเท่ากับ 40.05 และ 40.28 นิวตัน มีค่าการเกาะพื้นผิว เท่ากับ 2.78 และ 2.84 นิวตัน.วินาที และมีค่าการเกาะตัว เท่ากับ 0.297 และ 0.270 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับมาร์ชชีแพนจากผงอัลมอนต์ (ตัวแปรควบคุม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ ค่าความแข็ง 41.57 นิวตัน ค่าการเกาะพื้นผิว 2.84 นิวตัน.วินาที และค่าการเกาะตัว เท่ากับ 0.287 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีลักษณะที่สอดคล้องกับผลการทดลองในผลิตภัณฑ์เพศอื่นๆ เช่น ถั่วแดงกวน (Baik และ Czuchajowska, 1999) แป้งเผือกกวน (Njintang และคณะ, 2007) และ molten dark chocolate (Afoakwa และคณะ, 2008) ซึ่งศึกษาผลของขนาดอนุภาคต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสอาหาร พบว่า ขนาดอนุภาคของผงที่เล็กลงมีผลทำให้ค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวของอาหารมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าการเกาะพื้นผิวของอาหารมีค่าลดลง เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดเล็กมีผลต่อการกระจายตัวและจัดเรียงโครงสร้างของอาหารได้มากกว่าทำให้มีการเกาะตัวของโครงสร้างที่หนาแน่นกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ จึงทำให้ค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวของอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อลดขนาดของอนุภาคของอาหารลง (Sun, 2015) และขนาดอนุภาคที่เล็กกว่ายังมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีกว่าอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ (Ahmed, 2016) ซึ่งอาจทำให้มาร์ซิแพนจากผงเมล็ดพืชที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่านั้นสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า ทำให้มาร์ซิแพนที่ได้มีค่าการเกาะพื้นผิวลดลง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่า ค่าเนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดง โมและเมล็ดถั่วดาวที่มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 560 ไมโครเมตร มีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับมาร์ซิแพนจากผงเมล็ดอัลมอนต์ทางการค้ามากที่สุด จึงนำผงเมล็ดของพืชทั้ง 2 ชนิดที่มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 560 ไมโครเมตร มาทำการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสต่อไป

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เมื่อสัมผัสของมาร์ชเพนจากผงเมล็ดแตงโมและผงเมล็ดถั่วอินคาแต่ละขนาดอนุภาค

ขนาดอนุภาค (ไมโครเมตร)	มาร์ชเพนจากเมล็ดแตงโม			มาร์ชเพนจากเมล็ดถั่วอินคา		
	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าการเกาะพันผิว (นิวตัน.วินาที)	ค่าการเกาะตัว (นิวตัน)	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าการเกาะพันผิว (นิวตัน.วินาที)	ค่าการเกาะตัว
มาร์ชเพนผงอัลมอนต์	41.57 ^d ± 0.03	2.84 ^b ± 0.03	0.287 ^f ± 0.004	41.57 ^d ± 0.03	2.84 ^a ± 0.03	0.287 ^d ± 0.004
630 – 700	35.65 ^c ± 0.12	3.43 ^d ± 0.04	0.086 ^e ± 0.005	36.63 ^c ± 0.02	3.54 ^c ± 0.03	0.088 ^e ± 0.002
560 – 630	36.82 ^b ± 0.02	3.20 ^c ± 0.01	0.226 ^b ± 0.007	36.82 ^b ± 0.02	3.19 ^b ± 0.01	0.206 ^b ± 0.003
<560	40.05 ^c ± 0.02	2.73 ^a ± 0.02	0.297 ^d ± 0.001	40.28 ^d ± 0.07	2.84 ^a ± 0.01	0.270 ^c ± 0.004

^a Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

4.3.2 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของมาร์ชชีแพนจากเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

จากผลในข้อ 4.3.1 มาร์ชชีแพนจากผงเมล็ดแดงโมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 560 ไมครอน ถูกเลือกมาใช้ในการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) เพื่อเลือกเมล็ดพืชน้ำมันที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพน แล้วทดสอบระดับความพอดี (Just About Right หรือ JAR 3 points) ของมาร์ชชีแพนตามลำดับ โดยมีมาร์ชชีแพนทางการค้า (บริษัท Schmidt จำกัด) เป็นตัวควบคุม ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.3 และผลการประเมินระดับความพอดีแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชชีแพนจากเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา

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

^a Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

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

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชชีแพนจากเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคา พบว่า มาร์ชชีแพนจากเมล็ดแดงโมและเมล็ดถั่วดาวอินคามีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏเท่ากับ 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 ($p \geq 0.05$) จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและด้านกลิ่นถั่วมีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของมาร์ชชีแพน โดยมาร์ชชีแพนเมล็ดแดงโมมีคะแนนสูงกว่ามาร์ชชีแพนถั่วดาวอินคาซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างทางกายภาพและเคมีของเมล็ดพืชทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นจากผลคะแนนจากการทดสอบประสาทสัมผัสจึงเลือกเมล็ดแดงโมมาใช้ทดแทนอัลมอนต์ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพนและนำไปทดสอบประเมินระดับความพอดีของมาร์ชชีแพนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

การประเมินระดับความพอดีเป็นการศึกษาแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพนจากเมล็ดแดงโม ผลการวิเคราะห์ที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพน โดยการทดสอบระดับความพอดีของผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้เกณฑ์ของการยอมรับความพอดีที่ร้อยละ 75 (Lawless และ Heymann, 1998) โดยจากการประเมินระดับความพอดี (ตารางที่ 4.4) พบว่า ลักษณะปรากฏและกลิ่นถั่วของมาร์ชชีแพนเมล็ดแดงโมอยู่ในระดับที่พอดี แต่จำเป็นต้องปรับปรุงคุณลักษณะด้านความแข็ง การเกาะตัว และความหวานของมาร์ชชีแพนคั้งนั้นในขั้นคอนต่อไป จึงทำการปรับปรุงสูตรของมาร์ชชีแพนให้มีความแข็งและการเกาะตัวของมาร์ชชีแพนเพิ่มขึ้น และลดความหวานของมาร์ชชีแพนลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพน

4.4.1 การปรับปรุงสูตรของมาร์ชชีแพนโดยการวางแผนการทดลองแบบผสม

การปรับปรุงสูตรของมาร์ชชีแพนเพื่อให้มาร์ชชีแพนมีความแข็งและการเกาะตัวของมาร์ชชีแพนเพิ่มขึ้น และลดความหวานของมาร์ชชีแพนลง โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central composition design, CCD) โดยกำหนดอัตราส่วนของผงเมล็ดเตงโม (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 รายละเอียดของสิ่งทดลองและค่าการตอบสนองปัจจัยต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การออกแบบสิ่งทดลองและส่วนผสมกลาง และค่าการตอบสนองปัจจัยต่างๆ

ลำดับ	ผสมดีด แดงโม (กรัม)	น้ำตาลทราย บดละเอียด (กรัม)	เมอร์แรงค์ (กรัม)	ปริมาณ ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณ น้ำ อิสระ	ความ แข็ง (นิวตัน)	การเกาะ พื้นผิว (นิวตัน.วินาที)	การเกาะตัว	ลักษณะ ปรากฏ	กลิ่น รส	ความ แข็ง	การ เกาะตัว	ความ หวน	ความชอบ โดยรวม
1	56.66	26.67	16.67	20.93	0.82	41.51	2.72	0.31	6.25	6.25	5.25	6.47	6.55	6.00
2	60.00	25.98	14.02	17.98	0.79	82.23	2.23	0.23	7.25	5.95	7.75	6.89	6.90	7.15
3	56.66	26.67	16.67	20.83	0.82	41.41	2.76	0.30	6.20	6.25	5.25	6.47	6.50	5.80
4	60.00	20.00	20.00	24.44	0.88	41.51	2.47	0.34	5.30	5.10	3.20	4.11	4.50	3.65
5	55.13	30.00	14.87	17.13	0.81	62.77	1.67	0.21	7.25	6.40	5.80	5.00	4.65	5.25
6	50.00	30.00	20.00	24.46	0.81	20.89	5.17	0.35	7.10	5.95	5.20	5.11	4.75	5.20
7	60.00	20.00	20.00	25.18	0.87	42.82	1.77	0.34	6.35	5.80	5.70	5.05	5.75	5.50
8	60.00	30.00	10.00	15.87	0.78	104.08	0.81	0.09	6.85	5.45	3.50	1.53	3.75	2.60
9	60.00	30.00	10.00	15.90	0.78	104.11	0.82	0.08	6.80	5.40	3.70	1.84	3.75	2.65
10	55.17	24.83	20.00	24.22	0.85	32.33	3.64	0.34	6.35	5.55	5.45	5.68	5.55	5.70
11	56.66	26.67	16.67	20.83	0.82	41.30	2.78	0.31	6.35	5.90	5.35	6.26	6.00	5.90
12	51.74	30.00	18.26	22.39	0.82	25.58	4.84	0.32	7.40	5.55	5.55	5.89	5.05	5.50
13	55.13	30.00	14.87	18.17	0.82	62.64	1.70	0.26	7.60	6.20	5.85	6.05	5.10	6.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การออกแบบสิ่งทดลองและส่วนผสมกลาง และค่าการตอบสนองปัจจัยต่างๆ (ต่อ)

ลำดับ	ผงเมล็ด แดง โม (กรัม)	น้ำตาลทราย บดละเอียด (กรัม)	เมอร์แรงค์ (กรัม)	ปริมาณ ความ แห้ง (นิวตัน)	การเกาะ พื้นผิว (นิวตัน.นาที)	การเกาะตัว	ลักษณะ ปรากฏ	กลิ่น รส	ความ แข็ง	การ เกาะตัว	ความ หวาน	ความชอบ โดยรวม
14	57.77	22.23	20.00	0.86	34.37	3.92	0.35	7.30	5.45	5.47	5.45	5.20
15	50.00	30.00	20.00	0.83	20.04	5.18	0.35	7.20	5.45	4.84	4.70	4.90
16	58.76	23.61	17.63	0.84	44.48	2.18	0.23	6.40	5.70	5.32	5.40	5.80
17	60.00	25.98	14.02	0.80	80.85	2.26	0.23	7.65	6.50	8.05	6.50	7.00
18	56.67	26.67	16.67	0.82	41.67	2.74	0.30	6.30	5.80	6.37	6.05	5.90
19	56.68	26.79	16.53	0.82	41.69	2.62	0.29	6.30	5.75	5.68	5.45	5.85
20	53.45	28.23	18.32	0.83	26.54	3.24	0.29	6.40	5.50	5.63	5.40	5.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำข้อมูลของค่าตอบสนองของแต่ละปัจจัย มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน เพื่อพิจารณาผลปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) ค่าการเกาะตัว (cohesiveness) และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ พบว่าข้อมูลที่ได้จาก ปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) ค่าการเกาะตัว (cohesiveness) และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวม ให้สมการ (model) ที่สามารถนำมาใช้ทำนายผลได้ เนื่องจากค่าตอบสนองในแต่ละค่าข้างต้นมี Lack of fit ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Coefficient, R^2) ของค่าตอบสนองอยู่ที่ 0.81-0.99 ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของกลิ่นรสมีค่าอยู่ที่ 0.55 แสดงถึงความเป็นไปได้ที่จะนำสมการที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.7 มาใช้เพื่อทำนายความสัมพันธ์ของปริมาณผงเมล็ดแดง โม น้ำตาลทราย และเมอแรงค์ไข่ขาว ที่มีผลต่อคุณภาพของมาร์ชชีแพน และเมื่อพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่า ตัวแปรตอบสนองมีผลต่อคุณภาพของมาร์ชชีแพน ได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) ค่าการเกาะตัว (cohesiveness) และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบโดยรวม และหาสภาวะที่เหมาะสม (optimization) ต่อไป

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการตอบสนองของปัจจัยต่างๆ

Source	p-value										
	ปริมาณ ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณ น้ำอิสระ	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าการเกาะ พื้นผิว (นิวตัน.วินาที)	ค่าการเกาะตัว	ดัชนี ปรากฏ	กลิ่นตัว	ความแข็ง	การเกาะตัว	ความหวน	ความชอบ โดยรวม
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

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

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

ตารางที่ 4.7 สมการทำนายจากความสัมพันธ์แต่ละปัจจัย

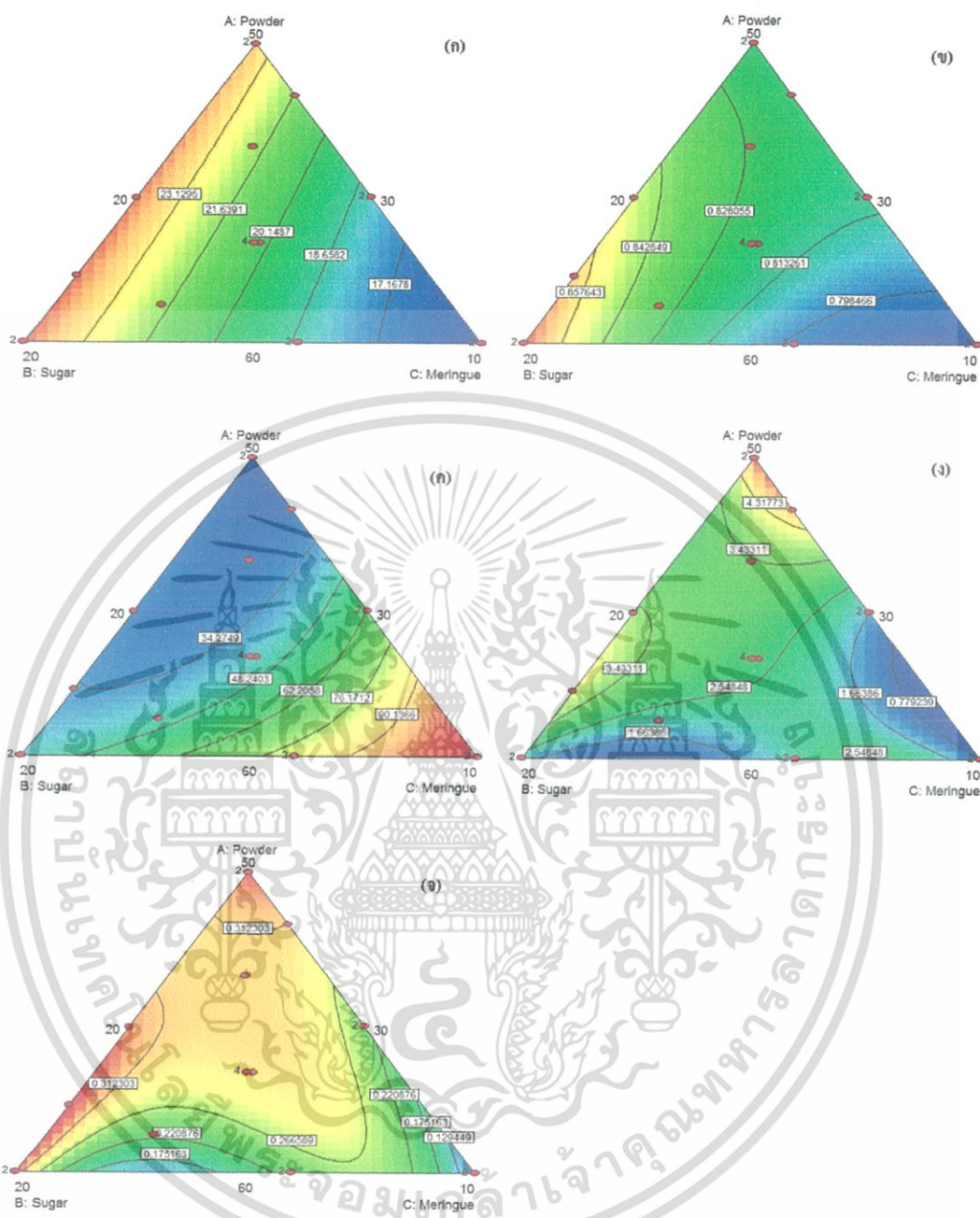
ตัวแปรตาม	สมการทำนาย	R ²
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	$= 24.80X_1 - 62.32X_2 + 450.17X_3 + 95.58X_1X_2 - 558.32X_1X_3 - 307.63X_2X_3$	0.96
ปริมาณน้ำอิสระ	$= 0.82X_1 + 0.87X_2 + 0.78X_3 + 0.0095X_1X_2 + 0.057X_1X_3 - 0.097X_2X_3$	0.97
ค่าความแข็ง (นิวตัน)	$= 20.48X_1 + 42.10X_2 + 104.10X_3 + 2.27X_1X_2 - 4.85X_1X_3 + 3.95X_2X_3 - 391.37X_1X_2X_3 + 30.79X_1X_2(X_1 - X_2) - 96.42X_1X_3(X_1 - X_3) - 31.34X_2X_3(X_2 - X_3)$	0.99
ค่าการเกาะพื้นผิว (นิวตัน.วินาที)	$= 5.19X_1 + 2.11X_2 + 0.81X_3 - 0.70X_1X_2 - 4.72X_1X_3 + 1.36X_2X_3 + 12.53X_1X_2X_3 - 13.91X_1X_2(X_1 - X_2) + 10.76X_1X_3(X_1 - X_3) - 12.68X_2X_3(X_2 - X_3)$	0.99
ค่าการเกาะตัว	$= 0.35X_1 + 0.34X_2 + 0.084X_3 - 0.074X_1X_2 + 0.079X_1X_3 - 0.044X_2X_3 + 1.30X_1X_2X_3 - 0.32X_1X_2(X_1 - X_2) - 0.059X_1X_3(X_1 - X_3) - 1.28X_2X_3(X_2 - X_3)$	0.98
ลักษณะปรากฏ	$= 7.14X_1 + 5.85X_2 + 6.82X_3 - 0.28X_1X_2 + 1.78X_1X_3 + 2.98X_2X_3 - 21.64X_1X_2X_3 - 11.19X_1X_2(X_1 - X_2) + 1.99X_1X_3(X_1 - X_3) - 6.23X_2X_3(X_2 - X_3)$	0.88
กลิ่นรส	$= 5.58X_1 + 5.46X_2 + 5.49X_3 - 0.60X_1X_2 + 2.29X_1X_3 + 2.70X_2X_3$	0.55
ความแข็ง	$= 5.27X_1 + 4.39X_2 + 3.64X_3 + 3.11X_1X_2 + 5.56X_1X_3 + 16.15X_2X_3 - 48.47X_1X_2X_3$	0.84
การเกาะตัว	$= 5.00X_1 + 4.45X_2 + 1.75X_3 + 3.88X_1X_2 + 9.14X_1X_3 + 18.21X_2X_3 - 29.27X_1X_2X_3$	0.90
ความหวาน	$= 4.77X_1 + 5.03X_2 + 3.81X_3 + 2.16X_1X_2 + 2.49X_1X_3 + 9.03X_2X_3$	0.81
ความชอบโดยรวม	$= 4.98X_1 + 4.50X_2 + 2.66X_3 + 3.54X_1X_2 + 8.13X_1X_3 + 14.87X_2X_3 - 31.53X_1X_2X_3$	0.89

X_1 คือ ผงเมล็ดพืชน้ำมัน

X_2 คือ น้ำตาลทรายบดละเอียด

X_3 คือ เมล็ดกาแฟ

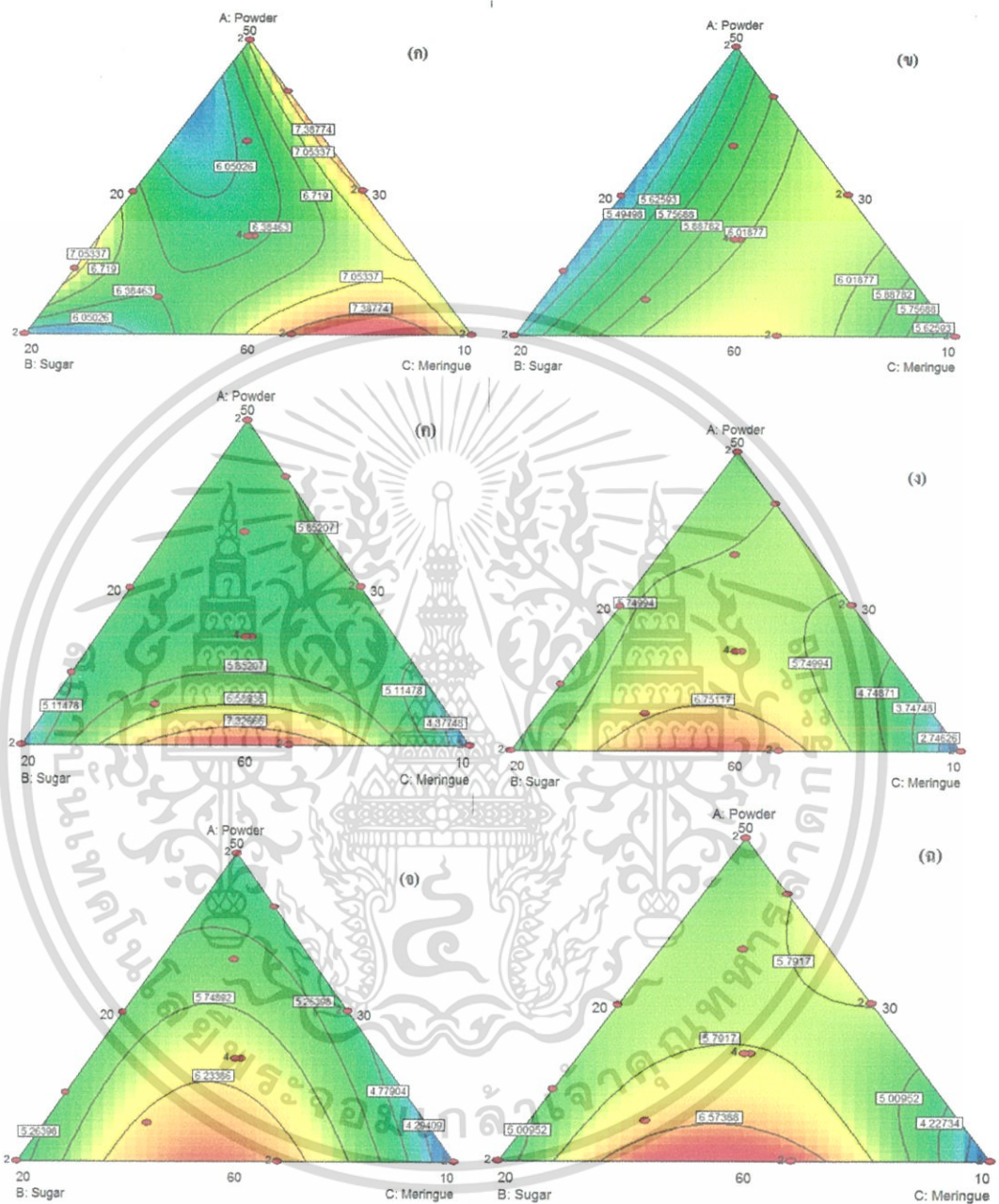
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 แผนภาพคอนทัวร์พล็อตของปริมาณผงเม็สด่างโม (A) น้ำตาลทรายบดละเอียด (B) และเมอร์แรงค์ไข่ขาว (C) ต่อปริมาณความชื้น (ก) ปริมาณน้ำอิสระ (ข) ค่าความแข็ง (ค) ค่าการเกาะพื้นผิว (ง) และค่าการเกาะตัว (จ) ของมาร์ชชีเพน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของปริมาณผงเมล็ดแดงโม น้ำตาลทรายบดละเอียด และเมอร์แรงค์ไข่ขาวต่อปริมาณความชื้นปริมาณน้ำอิสระ ค่าความแข็ง ค่าแรงการยึดเกาะพื้นผิว และค่าแรงยึดเกาะภายในของมาร์ซิแพน แสดงในภาพที่ 4.7 จากแผนภาพคอนทัวร์พล็อต พบว่า ปริมาณของเมอร์แรงค์ไข่ขาวที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้น (ภาพที่ 4.7ก) และ ปริมาณน้ำอิสระ (ภาพที่ 4.7ข) ค่าการเกาะพื้นผิว (ภาพที่ 4.7ง) และค่าการเกาะตัว (ภาพที่ 4.7จ) ของมาร์ซิแพนเพิ่มขึ้น และปริมาณผงเมล็ดแดงโมและน้ำตาลทรายบดละเอียดที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้น (ภาพที่ 4.7ก) และ ปริมาณน้ำอิสระ (ภาพที่ 4.7ข) ของมาร์ซิแพนมีค่าลดลง อาจเพราะน้ำตาลทำหน้าที่ดึงน้ำในเมอร์แรงค์ไข่ขาวทำให้มาร์ซิแพนที่ได้มีความหนืดเพิ่มมากขึ้นจึงอาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการยึดเกาะของอนุภาคผงเมล็ดแดงโมทำให้ค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลมีความสามารถในการละลายน้ำและสร้างพันธะกับโมเลกุลของน้ำทำให้น้ำอิสระที่มีอยู่ในอาหารมีค่าลดลง (นิธิยา, 2549)



ภาพที่ 4.8 แผนภาพคอนทัวร์ที่แสดงผลของปริมาณผงเมล็ดแดงโม (A) น้ำตาลทรายบดละเอียด (B) และเมอร์แรงค์ไข่ขาว (C) ต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ (ก) กลิ่นรส (ข) ความแข็ง (ค) การเกาะตัว (ง) ความหวาน (จ) และความชอบโดยรวม (ฉ) ของมาร์ชชีแพน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของปริมาณผงเมล็ดแดงโม น้ำตาลทรายบดละเอียด และเมอร์แรงค์ไข่ขาว ต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ชชีแพนแสดงในภาพที่ 4.8 พบว่า ปริมาณน้ำตาลทรายบดละเอียดที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (ภาพที่ 4.8ก) ของมาร์ชชีแพนเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำตาลทรายที่เพิ่มขึ้นทำให้สีของอาหารอ่อนลงและเพิ่มความเงาของพื้นผิวอาหาร (กวี, 2548) และการเพิ่มปริมาณของผงเมล็ดแดงโมมีผลให้คะแนนความชอบด้านความแข็ง (ภาพที่ 4.8ค) ด้านการเกาะตัว (ภาพที่ 4.8ง) และด้านความหวาน (ภาพที่ 4.8จ) ของมาร์ชชีแพนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณของเมอร์แรงค์ไข่ขาวยังมีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (ภาพที่ 4.8ก) ของมาร์ชชีแพนเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของคะแนนความชอบโดยรวมของมาร์ชชีแพน ดังนั้นความแข็ง การเกาะตัว และความหวานของมาร์ชชีแพนจึงเป็นคุณลักษณะสำคัญที่ส่งผลต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มาร์ชชีแพน

ตารางที่ 4.8 การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ชชีแพน

ค่าการตอบสนอง	เงื่อนไขที่เหมาะสม			ค่าทำนาย
	เป้าหมาย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	
ผงเมล็ดแดงโม	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 สามารถทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการทำมาร์ชชีแพน โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดคุณลักษณะของตัวแปรตามที่ต้องการได้ อาทิ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด หรือในช่วงที่กำหนด โดยการทดลองนี้กำหนดค่าคุณลักษณะของตัวแปรคือ ร้อยละของปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร และค่าการเกาะพื้นผิว เท่ากับต่ำสุด (minimize) และ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัว และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และความชอบ โดยรวมเท่ากับสูงสุด (maximize) พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ชชีแพน คือ การใช้ปริมาณผงเมล็ดแดงโม่ร้อยละ 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 นิวตัน.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

4.4.2 การทดสอบค่าสมการทำนาย

ตารางที่ 4.9 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบค่าสมการทำนายกับการทำมาร์ชชีแพนจริงจากสูตรใช้ปริมาณผงเมล็ดแดง โม 58.44 กรัม น้ำตาลทรายบดละเอียด 26.83 กรัม และเมอร์แรงค์ไข่ขาว 14.73 กรัม ในการผลิต มาร์ชชีแพน ผลการทดสอบค่าทำนายและค่าจริงของการวิเคราะห์แต่ละปัจจัยของมาร์ชชีแพน แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่า ปริมาณน้ำอิสระและค่าการเกาะตัวที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าการทำนาย ปริมาณความชื้น ค่าความแข็ง ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งหมดที่ได้มีค่ามากกว่าค่าทำนาย อาจเนื่องมาจากความเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนทำให้ปริมาณความชื้น ค่าเนื้อสัมผัส และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีค่าเปลี่ยนแปลงไป โดยจากการทดลองข้างต้นค่าเนื้อสัมผัสของค่าทดสอบจริงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าทำนาย แต่เนื่องจากค่าการเกาะตัวที่ได้ เท่ากับ 0.286 ซึ่งน้อยกว่า ค่าการเกาะตัวของมาร์ชชีแพนก่อนการปรับปรุงสูตรซึ่งมีค่า เท่ากับ 0.297 (ตารางที่ 4.2) จึงจำเป็นต้องปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้านการเกาะตัวของมาร์ชชีแพนด้วย ไฮโดรคอลลอยด์ต่อไป

4.4.3 ผลการปรับปรุงคุณภาพของมาร์ชชีแพนด้วยไฮโดรคอลลอยด์

อัตราส่วนของผงเมล็ดแดง โม น้ำตาลทรายบดละเอียด และเมอร์แรงค์ไข่ขาว จาก ข้อ 4.4.1 ถูกนำมาทำเป็นมาร์ชชีแพน โดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ คือ คอรัณสตาร์ช กัวร์กัม แชนแทนกัม และ อาราบิกกัม ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และเนื้อสัมผัสของมาร์ชชีแพน แสดงผลในตารางที่ 4.10 และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ชชีแพน แสดงผลในตารางที่ 4.11

4.4.3.1 ผลการทดสอบด้านกายภาพ

ตารางที่ 4.10 แสดงถึงผลทางกายภาพของมาร์ชชีแพนที่ใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีผลทำให้ค่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในมาร์ชชีแพนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยจากการทดลองพบว่า มาร์ชชีแพนที่มีคอรัณสตาร์ช ร้อยละ 1.75 มีความชื้นและปริมาณน้ำอิสระลดลงมากที่สุด คือ จากร้อยละ 17.51 เป็น 17.23 และจาก 0.8212 เป็น 0.7824 ตามลำดับ อาจเนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์มีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่และมีสายกิ่งมากทำให้สามารถดูดซับน้ำได้ดี เพราะโมเลกุลของน้ำถูกดูดซึมเข้าไปได้มากจึงมีผลทำให้ค่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ ในอาหารลดลง (วรรณ, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแข็ง และค่าการเกาะตัวของมาร์ซิแพนเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ค่าการเกาะพื้นผิวของมาร์ซิแพนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมาร์ซิแพนที่มีกั้วร์กัมร้อยละ 0.2 และแซนแทนกัมร้อยละ 0.02 มีค่าความแข็งสูงสุดคือ 71.62 และ 70.99 นิวตัน ตามลำดับ มาร์ซิแพนที่มีแซนแทนกัมร้อยละ 0.02 มีค่าการเกาะพื้นผิวต่ำที่สุดคือ 0.554 นิวตัน.วินาที และมีค่าการเกาะตัวสูงที่สุดคือ 0.342 อาจเนื่องมาจากสารไฮโดรคอลลอยด์มีความสามารถในการดูดซับน้ำและให้ความหนืดแก่อาหาร จึงมีสมบัติการเพิ่มความหนืดและความคงตัวของอาหาร (นิธิยา, 2549) และสารไฮโดรคอลลอยด์ยังช่วยในการดูดซับน้ำทำให้อาหารที่มีน้ำคาลเป็นส่วนประกอบไม่เกิดความเหนอะหนะ (วรรณา, 2551) ทำให้ค่าแรงยึดเกาะพื้นผิวมีค่าลดลง ซึ่งสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดนั้นมีโครงสร้างของโมเลกุลที่ต่างกันจึงทำให้คุณสมบัติของไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.10 ผลทางกายภาพของมาร์ซิเพนจากสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

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

^a Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.4.3.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.11 ผลทางทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ซิแพนที่ใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ผลการประเมินคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และด้านกลิ่นรสของมาร์ซิแพนที่เพิ่มสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.00-7.75 และ 6.30-6.50 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าชนิดและระดับความเข้มข้นของสารไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อความชอบด้านลักษณะปรากฏและด้านกลิ่นรสของมาร์ซิแพนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมาร์ซิแพนที่มีคอร์นสตาร์ชร้อยละ 1.75 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏดีที่สุด อาจเนื่องมาจากปริมาณและสีของคอร์นสตาร์ชมีผลทำให้มาร์ซิแพนที่ได้มีความสว่างและมีสีอ่อนที่สุดเมื่อเทียบกับมาร์ซิแพนอื่นๆ คะแนนความชอบด้านความแข็งและด้านการเกาะตัวของมาร์ซิแพนยังเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิด แต่ในมาร์ซิแพนที่เพิ่มคอร์นสตาร์ชพบการลดลงของคะแนนความชอบด้านการเกาะตัว อาจเนื่องมาจากโดยทั่วไปสตาร์ชจะไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส แต่สามารถดูดซับน้ำและขยายตัวได้เล็กน้อย (วรรณ, 2551) จึงทำให้มาร์ซิแพนที่ได้มีความแข็งขึ้นและมีลักษณะแห้งร่วนไม่สามารถเกาะตัวกันขณะปั้นได้ แต่ไม่พบความแตกต่างของคะแนนความชอบด้านความหวานในมาร์ซิแพนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p > 0.05$) อาจเนื่องจากปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณที่น้อยจึงไม่ส่งผลต่อความหวานของมาร์ซิแพน โดยจากผลการทดสอบ แสดงให้เห็นว่า คะแนนความชอบด้านความแข็งและด้านการเกาะตัวของมาร์ซิแพนเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อคะแนนความชอบ โดยรวมของมาร์ซิแพน จากการทดสอบพบว่า มาร์ซิแพนที่มีแซนแทนกัมร้อยละ 0.02 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด คือ 6.70 รองลงมาคือมาร์ซิแพนที่มีกัมอะราบิกร้อยละ 0.2 และคอร์นสตาร์ชร้อยละ 1.75 มีคะแนนความชอบโดยรวมคือ 6.45 และ 6.40 ตามลำดับ

จากผลทางกายภาพและการประเมินทางประสาทสัมผัสที่ได้ผู้ทดลองจึงเลือกมาร์ซิแพนที่มีการปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้วยแซนแทนกัมร้อยละ 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 และมีผลคะแนนความชอบด้านความแข็งด้านการเกาะตัว และด้านความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.50 7.10 และ 6.70 ตามลำดับ เพื่อนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาในลำดับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลทางทดสอบทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชแมพจากสารไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (n=20)

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

^a Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≥ 0.05)

4.5 ผลอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม

จากการปรับปรุงมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมในข้อ 4.4 ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเหมาะสมและได้รับการยอมรับ นำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ในถุงพลาสติก PE เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แสดงในตารางที่ 4.12 ผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมแสดงในตารางที่ 4.13 และ 4.14 ผลการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโมแสดงในตารางที่ 4.15 และผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.16 และ 4.17

4.5.1 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมาร์ซิแพนทางการค้า และมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ประกอบด้วย ปริมาณ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีของมาร์ซิแพนทางการค้าและมาร์ซิแพนจากเมล็ดแตงโม

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)	
	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 4.12) 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี

4.5.2.1 ปริมาณความชื้น

ค่าปริมาณความชื้นดังแสดงในตารางที่ 4.13 และตารางที่ 4.14 พบว่าการเก็บรักษามาร์ซิแพนที่และอุณหภูมิตั้งที่ 4 องศาเซลเซียสไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ที่อุณหภูมิตั้งที่ 17 องศาเซลเซียสพบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยมีค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 17.27-17.41 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดงโมเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานจะเกิดการดูดซับความชื้นและมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในบรรจุภัณฑ์มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ชนิดเพสต์มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Baiano และ Del Nobile, 2005)

4.5.2.2 ปริมาณน้ำอิสระ

จากผลการเปลี่ยนแปลงของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดงโม (ตารางที่ 4.13 และ 4.14) พบว่า การเก็บรักษามาร์ซิแพนที่อุณหภูมิตั้งที่ 4 องศาเซลเซียส ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณน้ำอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ซึ่งต่างกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งที่ 17 องศาเซลเซียส พบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระจะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 และค่อยๆ ลดลงในสัปดาห์ที่ 2 - 4 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.7895-0.8003 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าปริมาณน้ำอิสระจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าค่อนข้างน้อย อาจเนื่องมาจากโมเลกุลของน้ำจะมีความคงตัวมีการเกาะตัวกันอย่างเหนียวแน่นมีผลทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (นิธิยา, 2548) ในผลิตภัณฑ์ประเภทเพสต์ (paste) หรือไอศของขนม ควรค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.83 เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระที่สูงเกินไปจะมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารซึ่งอาจเป็นจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *S. aureus* เป็นต้น (วรารุณี, 2558)

4.5.2.3 ค่าเปอร์ออกไซด์

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.13 และ 4.14 พบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ซิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่มาร์ซิแพนที่อุณหภูมิห้องพบการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.0197-0.8328 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมันและไขมัน 1 กิโลกรัม ค่าเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของสารเปอร์ออกไซด์ในระหว่างการเก็บรักษาอาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยความชื้นเพิ่มขึ้นจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เหม็นหืน (จรียาและคณะ, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับ รุ่งนภา (2549) และ Baiano และ Del Nobile (2005) กล่าวว่า อุณหภูมิภายนอกเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา และออกซิเจนในบริเวณรอบอาหารนั้นทำให้อัตราการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ซึ่งน้ำมีองค์ประกอบของออกซิเจนจึงมีบทบาทสำคัญในการออกซิเดชันของไขมันในอาหารมักเกิดด้วยอัตราที่สูงที่ค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.2 หรือสูงกว่า 0.6

4.5.2.4 ค่าเนื้อสัมผัส

จากตารางที่ 4.13 และตารางที่ 4.14 แสดงค่าการวิเคราะห์ทางด้านเนื้อสัมผัสของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดงโมที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลานานขึ้นมีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าความแข็ง ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าการเกาะตัวของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดงโมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าการเกาะพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีผลทำให้ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะพื้นผิว และค่าการเกาะตัวของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดงโมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมาร์ซิแพนที่ได้มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 58.58-70.92 นิวตัน ค่าการเกาะพื้นผิวอยู่ในช่วง 0.524-0.546 นิวตัน.วินาที และค่าการเกาะตัวอยู่ในช่วง 0.299-0.342 ตามลำดับ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานจะเกิดการถ่ายเทระดับความชื้นระหว่างอาหารและสภาพแวดล้อมเพิ่มให้เกิดความสมดุล หากสภาพแวดล้อมมีความชื้นต่ำกว่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลงเนื่องจากการการถ่ายเทความชื้นกับสภาพแวดล้อม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แห้งร่วนส่งผลต่อการสูญเสียเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษา (Baiano และ Del Nobile, 2005)

ตารางที่ 4.13 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์นมที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ ^{ns}	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าการเกาะพื้นผิว (นิวตัน.วินาที) ^{ns}	ค่าการเกาะตัว
0	17.26 ± 0.02	0.7895 ± 0.0001	0.0197 ± 0.0001	70.92 ± 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 4.14 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์นมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าการเกาะพื้นผิว (นิวตัน.วินาที) ^{ns}	ค่าการเกาะตัว
0	17.26 ^b ± 0.02	0.7895 ± 0.0001	0.0197 ± 0.0001	70.92 ^c ± 0.06	0.544 ± 0.005	0.342 ^c ± 0.002
1	17.30 ^c ± 0.01	0.7992 ± 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 ^e ± 0.01	0.557 ^d ± 0.001	0.330 ^c ± 0.001
3	17.24 ^b ± 0.01	0.7888 ^c ± 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 ^b ± 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 ($p < 0.05$)

4.5.3 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราของมาร์ซิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า มีการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 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 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดง โมมีค่าปริมาณน้ำอิสระสูงจึงไม่พบการเจริญของยีสต์ราในช่วงสัปดาห์ที่ 0-3 แต่เมื่อค่าปริมาณน้ำอิสระลดลงและมีอุณหภูมิที่อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมจึงสามารถพบการเจริญของยีสต์รา โดยเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนยถั่ว (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2548) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค) ซึ่งกำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม และจำนวนยีสต์และราทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^2 โคโลนีต่อกรัม พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต่ำกว่าและไม่พบการเจริญของยีสต์ราในมาร์ซิแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.15 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพนจากเมล็ดแดง โมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์

ระยะเวลา การเก็บ (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

4.5.4 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ฉิแพนจากเมล็ดแดงโม

ตารางที่ 4.16 และตารางที่ 4.17 แสดงผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของมาร์ฉิแพนจากเมล็ดแดงโมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการเก็บรักษามาร์ฉิแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็ง กลิ่นหืน การเกาะตัว และความชอบโดยรวมเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษามาร์ฉิแพนที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 3-4 ของการเก็บรักษา คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ด้านกลิ่นหืน ด้านความแข็ง ด้านการเกาะตัว และความชอบโดยรวมของมาร์ฉิแพนมีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมาร์ฉิแพนมีผลต่อคะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสของมาร์ฉิแพน โดยจากตารางที่ 4.13 และตารางที่ 4.14 แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ในมาร์ฉิแพนซึ่งสัมพันธ์กับการลดลงของคะแนนความชอบด้านกลิ่นหืนของมาร์ฉิแพน และค่าเนื้อสัมผัส (ความแข็ง และค่าการเกาะตัว) ที่ลดลงมีผลสัมพันธ์กับการลดลงของคะแนนด้านความแข็งของมาร์ฉิแพน และจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าคุณลักษณะด้านกลิ่นรส ความแข็ง และการเกาะตัวของมาร์ฉิแพนนั้นมีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของมาร์ฉิแพน

ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชเมลโลว์ 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 ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

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

ตารางที่ 4.17 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (9 points Hedonic scale) ของมาร์ชเมลโลว์ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (n=20)

สัปดาห์	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นหืน	ความแข็ง	การเกาะตัว	ความหวาน	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

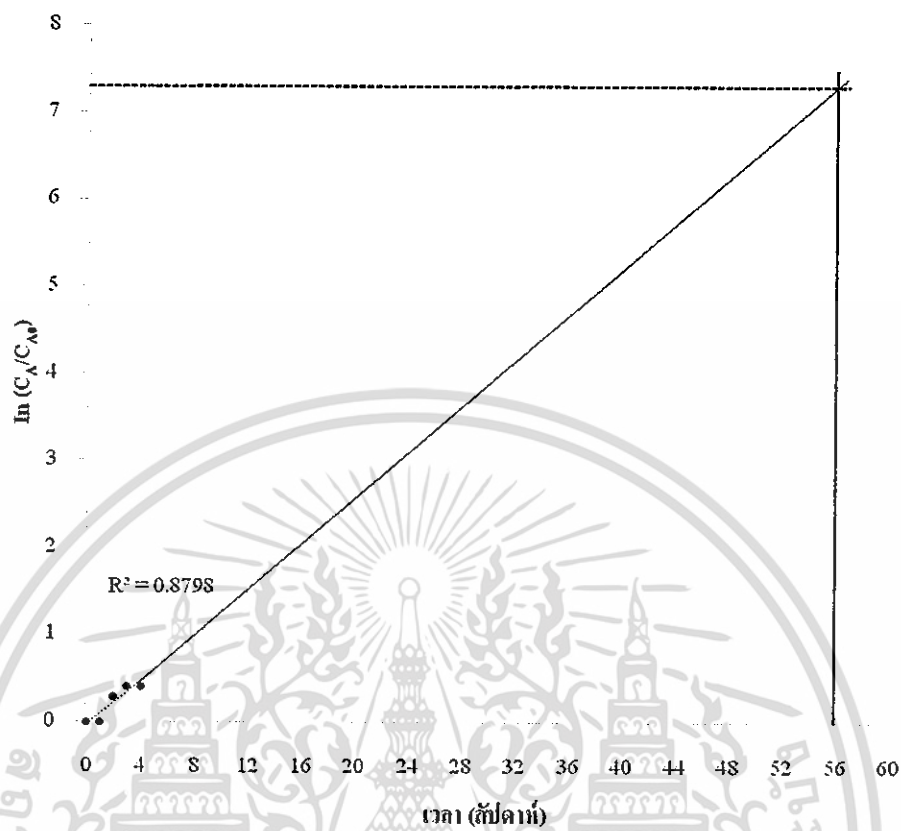
^a Mean ± SD ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

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

4.5.5 การคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

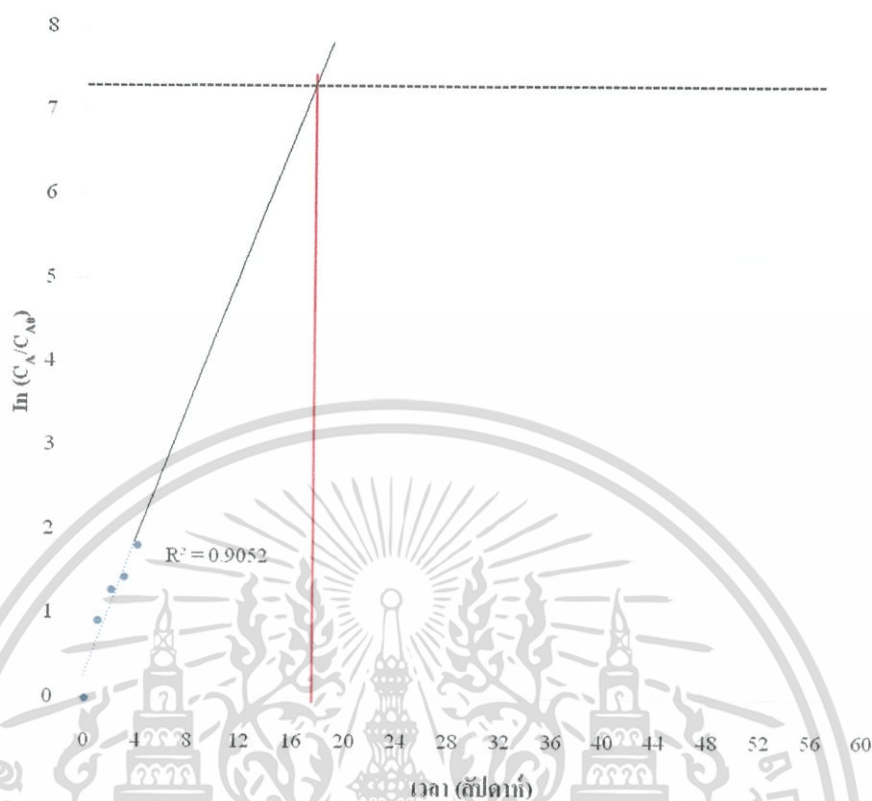
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์ออกไซด์และอายุการเก็บรักษาของมาร์ชี่แพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง แสดงในภาพ 4.9 และ 4.10 โดยนำผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ชี่แพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ในตารางที่ 4.13 และ 4.14 มาหาอันดับของปฏิกิริยาของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหาร กำหนดค่าเปอร์ออกไซด์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนยถั่ว (2548) โดยใช้ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (First order) ในการคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ ก1.1 และ ก1.2) และใช้ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งของค่าเปอร์ออกไซด์ 30 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.328 เป็นจุดกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มาร์ชี่แพน พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มาร์ชี่แพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง มีอายุในการเก็บรักษา เท่ากับ 56 และ 18 สัปดาห์ ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.8798 และ 0.9054 ตามลำดับ

$$\begin{aligned} \ln (C_A/C_{A0}) &= \ln (30/0.0197) \\ &= 7.328 \end{aligned}$$



ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์ของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดงโมเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เทียบกับอายุการเก็บรักษาที่ลำดับปฏิบัติการอันดับหนึ่งที่มีการลากเส้นตรงต่อไปจนถึงค่า $\ln(C_A/C_{A0})$ ที่แกน $y = 7.328$ มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 56 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของมาร์ซิแพนจากเมล็ดแดงโมเค็บบรักษาที่อุณหภูมิห้อง เทียบกับอายุการเก็บรักษาที่ลำดับปฏิบัติการอันดับหนึ่งที่มีการลากเส้นตรงต่อไปจนถึงค่า $\ln(C_A/C_{A0})$ ที่แกน $y = 7.328$ มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 18 สัปดาห์

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน แสดงถึงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเพียงเล็กน้อยและไม่พบการเจริญของยีสต์ราในมาร์ซิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ และการลดลงของค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวของมาร์ซิแพน นอกจากนี้คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ซิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสยังอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ และมีอายุการเก็บรักษานาน 56 สัปดาห์ ในขณะที่มาร์ซิแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีคะแนนต่ำกว่ามาก และมีอายุการเก็บรักษา 18 สัปดาห์ แสดงถึงการเก็บรักษามาร์ซิแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นสถานะที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มาร์ซิแพน ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานประมาณ 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปการทดลองและข้อเสนอแนะ

องค์ประกอบทางเคมีของ เมล็ดแดง โม และเมล็ดถั่วดาวอินคา มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับ เมล็ดอัลมอนต์ จึงสามารถนำมาทดแทนเมล็ดอัลมอนต์ในการทำมาร์ชแพนได้

การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งมีผลทำให้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของเมล็ดแดง โมและเมล็ดถั่วดาวอินคาลดลง และมีผลทำให้ค่าสีน้ำตาลของเมล็ดแดง โมและเมล็ดถั่วดาวอินคาเพิ่มขึ้น โดยสภาวะการอบแห้งเมล็ดแดง โมที่อุณหภูมิ 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)

การลดขนาดของอนุภาคของผงเมล็ดแดง โมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคามีผลทำให้ค่าความแข็ง และค่าการเกาะตัวของมาร์ชแพนเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ค่าการเกาะพื้นผิวของมาร์ชแพนลดลง โดยมาร์ชแพนที่ทำจากผงเมล็ดแดง โมและผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ขนาดอนุภาคเล็กกว่า 560 ไมโครเมตร มีค่าเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด และจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ชแพนจากเมล็ดแดง โมและมาร์ชแพนถั่วดาวอินคาผู้บริโภคจะเน้นความชอบด้านความแข็ง ด้านการเกาะตัว และด้านความหวานใกล้เคียงกัน แต่มาร์ชแพนจากเมล็ดถั่วดาวอินคามีคะแนนด้านลักษณะปรากฏและด้านกลิ่นรสต่ำกว่ามาร์ชแพนจากเมล็ดแดง โม ซึ่งคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏและด้านกลิ่นรสมีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ผู้วิจัยจึงเลือกเมล็ดแดง โมมาใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ชแพน

จากการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาร์ชแพนพบว่าปริมาณผงเมล็ดแดง โมร้อยละ 58.44 น้ำตาลทราย ร้อยละ 26.83 และเมอร์แรงค์ไข่ขาวร้อยละ 14.73 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยจาแบบจำลองทำนายปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 18.85 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เท่ากับ 0.81 ค่าความแข็ง เท่ากับ 65.37 นิวตัน ค่าการเกาะพื้นผิว เท่ากับ 2.26 นิวตัน.วินาที ค่าการเกาะตัว เท่ากับ 0.284 และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความแข็ง การเกาะตัว ความหวาน และ ความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.87, 6.10, 6.17, 6.31, 6.16 และ 6.11 ตามลำดับ เมื่อทดสอบแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใจขอใช้เอกสารนี้โดยไม่แจ้งชื่อผู้จัดทำเอกสารไว้ ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามอัตราส่วนดังกล่าวได้ค่าปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 17.51 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เท่ากับ 0.82 ค่าความแข็ง เท่ากับ 51.51 นิวตัน ค่าการเกาะพื้นผิว เท่ากับ 2.643 นิวตัน.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

สูตรมาร์ชชีแพนที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเนื้อสัมผัสและคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสที่สูงขึ้น แต่มีค่าการเกาะตัวของมาร์ชชีแพนต่ำกว่ามาร์ชชีแพนสูตรมาตรฐาน จึงปรับปรุงเนื้อสัมผัสของมาร์ชชีแพน โดยการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ คอร์นสตาร์ช กัวร์กัม แซนแทนกัม และอะราบิกกัม ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าระดับความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดมีผลทำให้ค่าปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และการเกาะพื้นผิวของมาร์ชชีแพนลดลง แต่ทำให้ค่าความแข็ง และค่าการเกาะตัวของมาร์ชชีแพนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มคะแนนความชอบด้านความแข็ง และด้านการเกาะตัว ซึ่งมีผลทำให้คะแนนความชอบโดยรวมของมาร์ชชีแพนมีค่าเพิ่มขึ้น โดยแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02 มีความเหมาะสม เนื่องจากให้ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และการประเมินทางประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด

การเก็บรักษามาร์ชชีแพนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าทางกายภาพ ค่าเปอร์ออกไซด์ และมีการเจริญของจุลินทรีย์ น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และจากการคำนวณอายุการเก็บรักษาของมาร์ชชีแพน โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ พบว่า มาร์ชชีแพนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บ เท่ากับ 56 และ 18 สัปดาห์ ตามลำดับ

บทที่ 6

ผลผลิตงานวิจัย

นำเสนอผลงานด้วยโปสเตอร์ เรื่อง Influence of drying condition and powder particle size of watermelon seed and sacha inchi seed in making marzipan ในงานประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษา ระดับนานาชาติ Food Innovation Asia Conference 2017 (FIAC 2017) ครั้งที่ 19 ณ ศูนย์การประชุมไบเทค เขตบางนา กรุงเทพมหานคร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The 19th Food Innovation Asia Conference 2017 (FIAC 2017)
15–17 June 2017, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand

Session : Poster Presentation		
Division C: Food Product Development, Sensory, and Consumer Research Sensory and Consumer Research Joint Symposium 2017		
No./Ref.	Title	Page
26	PC201 Utilization of Chicken Blood and Plasma Powder in Sausage	176
27	PC208 Development of Modified Fat Chocolate Ice Cream Using Microfibrillated Cellulose Extracted from Mangosteen Rind as An Emulsifier and A Fat Replacer	177
28	PC214 The Comparison of Goat Milk Powder Using Spray Drying Technique and Cow Milk Powder in Milk Cookies Products	178
29	PC228 Influence of <i>Carissa carandas</i> L. Enrichment on The Physical Properties, Antioxidant Capacity and Sensory Quality in The Yogurt Ice Cream	179
30	PC229 Product Development of Phak Chiangda (<i>Gymnema inodorum Decne</i>) Bread	180
31	PC233 Physicochemical Properties and Sensory Quality of Gluten-Free Brown Rice Pasta Enriched with Egg White Protein	181
32	PC236 Effects of Transglutaminase and Carrageenan on The Physical and Sensory Qualities of Fish (<i>Pangasianodon Hypophthalmus</i>) Patties	182
33	PC244 Influence of Drying Condition and Powder Particle Size of Watermelon Seed and Sacha Inchi Seed in Making Marzipan	183
34	PC250 Effects of Type and Quantity of Sweeteners on Qualities of Snack Bars from Degrade Sun Dried Banana	184
35	PC271 Development of Nutritious Fruit Bars from Thai Fruits	185
36	PC272 Effect of Lemongrass, Turmeric and Ginger Extracts on Gel-Forming Abilities and Sensory Properties of Surimi Gel from <i>Pangasius Dory</i> (<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>)	186
Division D: Food Microbiology, Food Biotechnology, Fermentation		
No./Ref.	Title	Page
1	PD02 Influence of Protective Agents on the Viability of Freeze Dried Probiotic <i>Lactobacillus plantarum</i>	187
2	PD18 Comparative Study in Survival of Mild Heat Treated <i>Lactobacillus acidophilus</i> after Spray Dry with Different Binders	188
3	PD26 The Efficiency Study of Diluents and Culture Medium on Enumeration of Molds Contaminated in Spices and Spice Products	189

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The 19th Food Innovation Asia Conference 2017 (FIAC 2017)
15–18 June 2017, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand

PC244

Influence of Drying Condition and Powder Particle Size of Watermelon Seed and Sacha Inchi Seed in Making Marzipan

Laksamon Yoosiri^{1*} and Naphatrapi Luangsaku¹

¹Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 1 Chalongkrung Road, Ladkrabang District, Bangkok, 10520, Thailand

*Corresponding author. E-mail: laksamon_yoo@outlook.com

Abstract

In this study, watermelon seed (WTS) and sacha inchi seed (SIS) were used to totally substitute for almond in making marzipan. The effect of drying condition (40 to 80 °C, 0 to 270 min) of cooked WTS and SIS were detected by determining moisture content, water activity and browning index. The study revealed that significant effects of drying condition on moisture and water activity of both seeds were decreased when increasing in drying temperature. The increment in temperature and time of drying condition were indicated the higher value of browning index. Drying condition at 50 °C for 210 min was selected to be the optimum drying condition of WTS. For SIS, drying condition at 40 °C for 180 min was considered to be the optimum condition. Then the effects of powder particle size (between 630 and 700, between 560 and 630 and less than 560 μm) of WTS powder and SIS powder on the textural properties of marzipan were investigated by using texture profile analysis (TPA). The particle size of WTS powder and SIS powder significantly influenced texture of marzipan, as the smaller particle size give higher value in hardness and cohesiveness and lower value in adhesiveness ($p \leq 0.05$).

Keywords: Marzipan, Watermelon seed, Sacha inchi seed, Particle size, Drying condition

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 เดชบุญชร. 2552. สุขยอดเบเกอรี่. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เพชรการเรือน. 127 หน้า.
- จริยา สุขจันทร์ และกามีละห์ หะมะ. 2551. ผลของน้ำมันที่ใช้ทอดต่อคุณภาพกล้วยหินฉาบ. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 3(1), 11-18.
- ฉวีวรรณ วิชัยประหาร, ฉวีวรรณ สุดจิตร, จิตนนท์ หงส์โชติธรวดี, พงษ์เทพ ประกอบธรรม และ ขวัญหล้า ทองเผือก 2558. ถั่วดาวอินคา. วารสารเกษตรชลประทาน. ปีที่ 19 ฉบับที่ 72. กรุงเทพฯ : กรมชลประทาน.
- จิตรีรัตน์ จันทบูรานันท์ และ ประเสริฐ ธีวัฒนภัทร. 2549. การพัฒนาตำรับแผ่นฟิล์มผสมานแผลในปาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต. สาขาวิชาเภสัชกรรม, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- นุชรี เบญจานุวัตร. 2529. ไข่ (ชุดวิชาอาหารและโภชนาการ). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี. 590 หน้า.
- นิตดา หงส์วิวัฒน์ และทวีทอง หงส์วิวัฒน์. 2550. “แตงโม” ผลไม้ 111 ชนิด: คุณค่าอาหารและการกิน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด. 324 หน้า.
- นริยา รัตนาปนนท์. 2549. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเคียนสโตร์. 504 หน้า.
- ประมวล ศรีกาหลง. 2557. การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร (หน่วยที่ 13). คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปิยพร ร่มแสง, มัดติกา ไชยลังกา, รังสรรค์ กุณสะนา, วิชชากร กันทรัญญ, อนุวัฒน์ โรจน์สินทรัพย์, และ นพพล เต็กสวัสดิ์. 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. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2560
- รชานนท์ หิรัญวงษ์. 2555. “ภูมิแพ้อาหารคืออะไร?”. <http://www.ifrpd-foodallergy.com/index.php/th/25-data-faqa/140-faqs-article>. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2560.
- ระพีพร โปโลกสูง. 2556. การทำขนมปังข้าวไร้เสริมไข่ขาวเต็มคิบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2549. อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 106-128.
- วรรณมา คุลขันธ์. 2551. เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 160 หน้า.
- วราวุฒิ ครุสง. 2558. การประกันคุณภาพในอุตสาหกรรมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 150 หน้า.
- วิไล รังสาดทอง. 2547. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 477 หน้า.
- ศศิวิมล แสงผล, เชษฐัฐ สาทรกิจ และ ทยา เจนจิตติกุล. 2546. สารานุกรมผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์จากพืชในซูเปอร์มาร์เก็ต (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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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., Mufla, 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. 17th edition. 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.
- 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. 3rd 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.
- 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.
- Kilcast, D. and Subramaniam, P. 2000. *The Stability and Shelf-Life of Food*. 2nd edition. London, UK: Academic Press, Elsevier.
- Krystyan, 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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.
- 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 Alaei 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์

ก1 การวิเคราะห์ทางเคมี

ก1.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity, A_w)

อุปกรณ์

- 1.) เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqua lab รุ่น 4TE)
- 2.) ตะลပ်และฝาพลาสติกสำหรับเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

การเตรียมตัวอย่าง

1.) ใส่ตัวอย่างในตะลပ်ประมาณ 1/3 ของตะลပ်หรือไม่เกินครึ่งหนึ่งของตะลပ်เกลี่ยตัวอย่างให้ครอบคลุมทั่วตะลပ်เพื่อประสิทธิภาพในการวัด

ตะลပ်วัด

- 2.) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าที่ขอบริมและด้านนอกของตะลပ်วัดสะอาดห้ามมีตัวอย่างติดบริเวณ

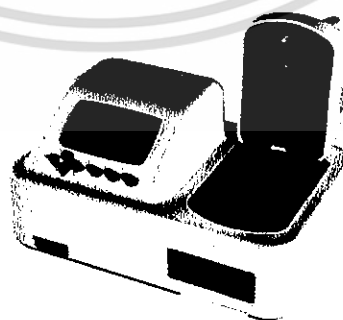
เครื่องวัด

- 3.) ตัวอย่างควรมีอุณหภูมิใกล้เคียงหรือต่างกันไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิ chamber

การเปิดเครื่อง

ที่หน้าจอ

- 1.) เปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีเพื่อการวัดที่มีประสิทธิภาพสูง
- 2.) นำตะลပ်วัด ใส่ลงในเครื่องระวังไม่ให้ให้ตัวอย่างหกหล่น
- 3.) ดันคันโยกไปในตำแหน่ง Open/Load ไปยังตำแหน่ง Read เครื่องจะเริ่มวัดค่า
- 4.) เมื่อเครื่องวัดเสร็จ (ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที) จะมีสัญญาณเตือนให้อ่านค่าและอุณหภูมิ
- 5.) เปลี่ยนคันโยกจากตำแหน่ง Read ไปยังตำแหน่ง Open/Load เพื่อนำตะลပ်ออก



ภาพภาคผนวกที่ ก1.1 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก1.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

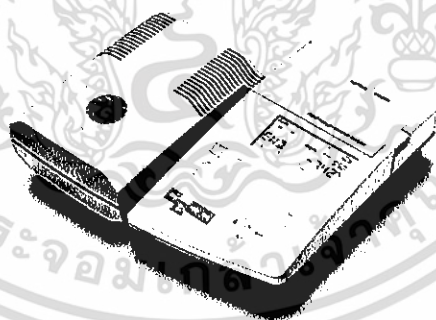
ก1.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

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 รัญพีซ เลือกอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส
- 3.) ชั่งตัวอย่างบดละเอียด 3 กรัม ใส่ในจานอะลูมิเนียม จากนั้น กดปุ่มเริ่ม (start) รอจนกระทั่งเครื่องหยุดทำการวิเคราะห์ และทำการจดค่าปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ได้



ภาพภาคผนวกที่ ก1.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ก1.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

- 1.) ถ้วยอะลูมิเนียม
- 2.) เครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3.) เครื่องอบลมร้อน (Hot air dryer)
- 4.) โถดูดความชื้น (Desiccator)

การเตรียมอุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์

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

2.) ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่กระป๋องหาคความชื้นที่อบและชั่งน้ำหนักไว้ เรียบร้อยแล้ว (W_2)

3.) นำกระป๋องหาคความชื้นพร้อมฝาโดยเปิดฝาดอกขณะอบไปอบที่ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

4.) นำกระป๋องหาคความชื้นออกจากตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าโดยปิดฝาทันทีและทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

5.) นำไปอบต่อและนำมาชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่ (W_3)

6.) คำนวณหาปริมาณความชื้นหน่วยเป็นร้อยละโดยสมการ ดังนี้

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

W_1 = น้ำหนักของกระป๋องหาคความชื้น (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของกระป๋องหาคความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของกระป๋องหาคความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

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

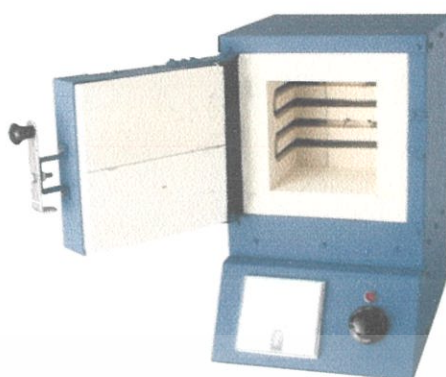
- 1.) เมาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_1)
- 2.) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้ว 2 กรัมใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง (W_2)
- 3.) เมาตัวอย่างบนเตาไฟฟ้าจนหมดควัน
- 4.) นำตัวอย่างไปเผาในเตาไฟฟ้าที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา
- 5.) ทิ้งให้ตัวอย่างเย็นมีอุณหภูมิลดลงในเตาไฟฟ้า จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง (W_3)
- 6.) คำนวณหาปริมาณเถ้าหน่วยเป็นร้อยละโดยสมการ ดังนี้

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

W_1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)



ภาพภาคผนวกที่ ก1.3 เตาเผาไฟฟ้า

ก1.4 การวิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน โดยวิธีเจลดาล์ (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

- 1.) เครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 2.) ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl apparatus) (ภาพที่)
- 3.) หลอดค้อยโปรตีน
- 4.) บิวเรต (burette) ขนาน 50 มิลลิลิตร
- 5.) ขวดชมพู (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 ปริมาณด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- 3.) สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) 1 นอร์มัล : เตรียม โดยการปิเปตกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ปริมาตร 8.26 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- 4.) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (Sodium hydroxide, NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 32 : โดยเตรียมจากการละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- 5.) สารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) : เตรียมจากโพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulphate, K_2SO_4) ต้อคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulphate, $CuSO_4$) อัตราส่วน

9 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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.) นำหลอดย่อยมาพักไว้ให้สารละลายสีเขียวอมฟ้าใสนิ่งลงในตู้ดูดควันจนกระทั่งเย็นลง
- 5.) ทำการกลั่น ด้วยโซเดียมซัลเฟต โดยเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 32 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร
- 6.) รองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วย ทำการกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ความแน่นจุ่มลงในขวดชมพูที่มีสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด
- 7.) ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ (สารละลายสีเขียว) ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน และบันทึกปริมาตรสารละลายที่ใช้ (A)
- 8.) ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-7 และบันทึกปริมาตรสารละลายที่ใช้ (B)
- 9.) กำหนดหาปริมาณโปรตีนหน่วยเป็นร้อยละโดยสมการ 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

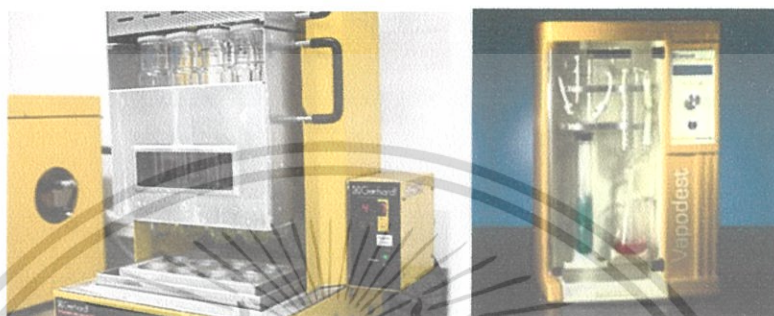
N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (นอร์มัล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

14.007 = เลขอะตอมของไนโตรเจน

6.25 = ค่าเฟคเตอร์ของ ไนโตรเจน – โปรตีน



(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.) ปากคิบบ (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 ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ลงในทิมเบิล
- 3.) เติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ 140-180 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ ทำการประกอบเข้ากับชุดสกัดไขมัน และทำการสกัดตามขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.) เมื่อครบระยะเวลาในการสกัด นำบีกเกอร์มาระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ ออก โดยการอบที่ 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
- 5.) นำบีกเกอร์ที่เย็นแล้วมาชั่งน้ำหนักและจดบันทึก (W_2)
- 6.) คำนวณหาปริมาณไขมันหน่วยเป็นร้อยละโดยสมการ ดังนี้

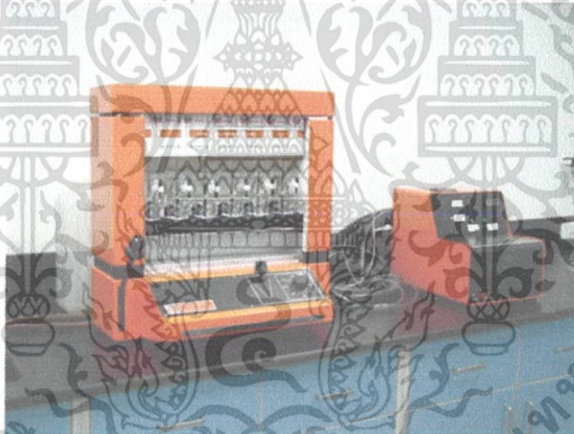
$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{W}$$

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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.) ปากคีบ (Tongs)

สารเคมี

1.) กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 0.0255 นอร์มัล (ร้อยละ 1.25) :
 ปิเปตกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 98.1 ปริมาตร 6.93 มิลลิลิตร หรือ ปิ
 เปตกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 96 ปริมาตร 7.10 มิลลิลิตร ลงในขวด
 ปรับปริมาตรขนาด 1 ลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

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

3.) อะซีโตน (Acetone)

4.) n-Octanol

วิธีการทดลอง

1.) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แห้งและทำการสกัดน้ำมันออกแล้ว 1 กรัม ทำการ
 จ ด
 บันทึกรน้ำหนัก (W) ใส่ลงในถ้วยชนิดทนไฟ และต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์เส้นใยอาหาร
 1 น ส ี ว น
 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 โดยการเลื่อนคั่น โยกไปที่ตำแหน่ง vacuum หรือ
 pressure

5.) ล้างส่วนของกากด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ปริมาตร 30
 มิ ล ลิ ต ร
 กรองจนแห้ง

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

7.) ลดอุณหภูมิและต้มต่อไป เป็นเวลา 30 นาที

8.) กรองกรดออก โดยการเลื่อนคั่น โยกไปที่ตำแหน่ง vacuum หรือ
 pressure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.) ล้างส่วนของกากด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และกรองให้แห้ง

10.) ล้างกากที่เหลืออยู่ในด้วยชนิดทนร้อนด้วยอะซีโตน ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และกรองให้แห้ง

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

12.) นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าถ้าจะมีสีขาวหรือเทา ลอดอุณหภูมิในเตาเผาไฟฟ้า ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ทำการชั่งน้ำหนักและจดบันทึก (W_2)

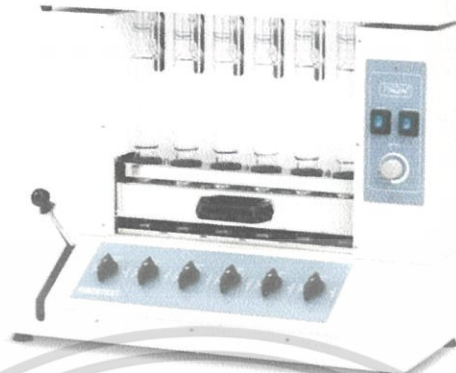
13.) คำนวณหาปริมาณเส้นใยหน่วยเป็นร้อยละโดยสมการ ดังนี้

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

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของด้วยชนิดทนไฟและกากหลังการอบแห้ง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของด้วยชนิดทนไฟและกากหลังการเผา (กรัม)



ภาพภาคผนวกที่ ก1.6 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

ก1.7 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

คำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตหน่วยเป็นร้อยละโดยสมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)} = 100 - (M + A + P + L + F)$$

M = ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

A = ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)

P = ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)

L = ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)

F = ปริมาณเส้นใยอาหาร (ร้อยละ)

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) ขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

- 1.) สารละลายของกรดอะซิติก (glacial acetic acid) และคลอโรฟอร์ม (Chloroform) ที่อัตราส่วน 3:2
- 2.) สารละลายโพแทสเซอไอโอไดด์อิ่มตัว (Saturated KI solution): เตรียมโดยละลาย

โพแทสเซียมไอโอไดด์ มากเกินพอให้น้ำกลั่นต้มเดือดทิ้งไว้ในเย็น มีตะกอนโพแทสเซียมไอโอไดด์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บสารละลายในขวดสีชา ถ้าต้องการทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ให้บีบเปิดสารละลายมา 0.5 มิลลิลิตร ใส่ใน 30 มล.ของสารละลายผสมของกรดอะซีติก – กลอโรฟอร์ม หยดอินดิเคเตอร์สารละลายแอมโมเนีย 2 หยด ถ้ามีสีน้ำเงินและต้องใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 0.1 นอร์มัลมากกว่า 1 หยดเพื่อทำให้สีน้ำเงินหายไป ควรเตรียมสารละลายนี้ใหม่

3.) สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 0.1 นอร์มัล : เตรียมโดยละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 24.9 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ในน้ำกลั่นต้มเดือด และเจือจางเป็น 1 ลิตรในขวดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.01 นอร์มัล เตรียมโดยบีบเปิด 0.1 นอร์มัล โซเดียมไทโอซัลเฟต 100 มิลลิลิตร เจือจางเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

4.) สารละลายแอมโมเนีย: เตรียมโดยละลายแอมโมเนีย 1 กรัม ในน้ำกลั่นต้มเดือด ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ถ้าต้องการเก็บสารละลายแอมโมเนีย ใช้ เติมกรดซาลิไซลิก (salicylic acid) 1.25 กรัมต่อลิตร และเก็บในตู้เย็น

วิธีการทดลอง

1.) ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5.00 ± 0.05 กรัม (blank ใช้ น้ำกลั่น 5 มล.) ใส่ใน ขวดชมพู 250 มล. เติมสารละลายกรดอะซีติก – กลอโรฟอร์ม 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

2.) เติมสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนซัลไฟด์ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3.) เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

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

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

น้ำหนักตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มัล)

S = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1.1 การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ในผลิตภัณฑ์มาร์ชชีเพนจากเมล็ดแดง โม ใน การเก็บที่อุณหภูมิ 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

ตารางที่ ก1.2 การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ในผลิตภัณฑ์มาร์ชชีเพนจากเมล็ดแดง โม ใน การเก็บที่อุณหภูมิห้อง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ทำการวัดตัวอย่าง โดยใช้หัววัดสีวางทาบลงบนตัวอย่างอ่านค่าแสดงผลการวัดค่าสีทำการวัด 9 ซ้ำ จดบันทึกแล้วหาค่าเฉลี่ย

ก2.2 การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของมาร์ชชีแพน

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

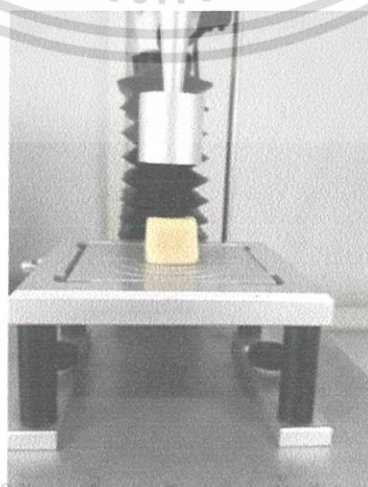
ตัวอย่างกราฟการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชชีเพน แสดงดังภาพภาคผนวกที่ ก2.1

ทำการวัดค่าดังต่อไปนี้

- 1.) ค่าความแข็ง (hardness) หมายถึง ค่าแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกด (maximum force) หรือเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก มีหน่วยเป็นหน่วยของแรง เช่น นิวตัน (N)
- 2.) ค่าการเกาะพื้นผิว (adhesiveness) หมายถึง งานที่จำเป็นในการดึงหัววัด หรือหัวกด ออกจากตัวอย่าง หรืออาหาร มีหน่วยเป็นแรงคูณด้วยเวลา เช่น นิวตัน.วินาที (N.s) บางครั้งเรียก stickiness
- 3.) ค่าการเกาะตัวเป็นพลังงานยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร หาได้จากอัตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่เป็นค่าบวกของการกดครั้งที่ 2 (Area 2) และครั้งที่ 1 (Area 1)



ภาพภาคผนวกที่ ก2.1 กราฟแสดงการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชชีเพน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ ก2.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชชีเพน

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

เตรียมสารละลายเปปโตเนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยทำการชั่งเปปโตเนปริมาณ 50 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร

วิธีการ

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

2.) ใช้ปิเปตดูดสารละลายจากข้อ 1 ในปริมาตร 1 มิลลิลิตร ของการเจือจางที่ 10^{-1} เท้า ถึง 10^{-5} เท้าลงใน petri dish

3.) ให้เทอาหาร (plate count agar, PCA) ที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส แล้วทำการผสมให้เข้ากัน โดยการหมุนจนเป็นวงกลมอย่างช้าๆ ทั้งให้อาหารแข็งตัว

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.) นับจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละความเจือจาง (30 - 300 โคโลนี)

6.) คำนวณเชื้อจุลินทรีย์เป็น (log CFU / ml)

การตรวจนับโคโลนีและการรายงานผล

ภายหลังจากบ่มงานเพาะเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ทำการตรวจนับจำนวนโคโลนีบนงานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30 - 300 โคโลนี หากจำนวนโคโลนีเฉลี่ยจากทั้งสองงานเพาะเชื้อรายงานตรวจนับในหน่วยจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (CFU / g)

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

อุปกรณ์

1.) งานเพาะเชื้อ (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 ปรับความเป็นกรดค่าของอาหารเลี้ยงเชื้อให้มีค่าเท่ากับ 3.5 โดยการเติม 10 % tartalic acid ลงไป

การเตรียมสารละลายสำหรับเจือจาง

เตรียมสารละลายเปปโตนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยทำการชั่งเปปโตนปริมาณ 50 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร

วิธีการ

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

2.) ใช้ปิเปตคูดสารละลายจากข้อ 1 ในปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายบัฟเฟอร์เปปโคน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Vortex mixer) จะได้สารละลาย

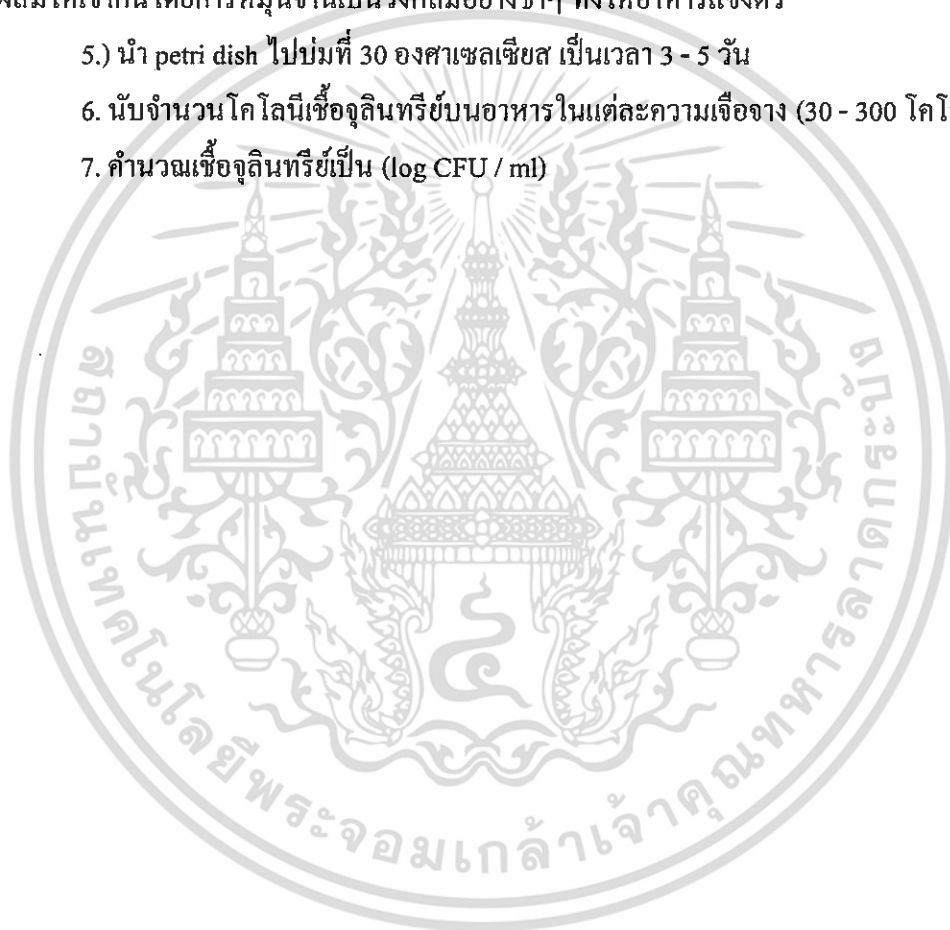
3.) ตัวอย่างที่เจือจาง 1: 100 หรือ 10^2 จนได้ระดับเจือจางของสารละลายตัวอย่างที่ต้องการ สารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1: 100 หรือ 10^1 ปิเปต 1 มิลลิลิตร ของการเจือจางที่ 10^{-1} เท่า ถึง 10^{-5} เท่าลงใน Petri dish

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

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

6. นับจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละความเจือจาง (30 - 300 โคโลนี)

7. คำนวณเชื้อจุลินทรีย์เป็น (log CFU / ml)



ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ข1 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชแพน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อผลิตภัณฑ์ มาร์ชิแพน

ผู้ทดสอบ..... วันที่.....

คำอธิบาย โปรดพิจารณาลักษณะปรากฏ ดมกลิ่น ปั่นและชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตามลำดับ 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

.....

.....

.....

ข2 แบบทดสอบความพอดีของผลิตภัณฑ์

ชื่อผลิตภัณฑ์ มาร์ชิแพน

ผู้ทดสอบ..... วันที่.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบาย โปรดพิจารณาลักษณะปรากฏ ดมกลิ่น บินและชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตามลำดับ โดยใช้ผลิตภัณฑ์ C เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา จากนั้นจึงทดสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างและระบุความพอดีของผลิตภัณฑ์ตามที่ท่านรู้สึกในแต่ละปัจจัยคุณภาพ

รหัสตัวอย่าง _____

ปัจจัยคุณภาพ	ความพอดี		
	น้อยไป	พอดี	มากไป
ลักษณะปรากฏ			
ความแข็ง			
กลิ่น			
ความหวาน			
การเกาะตัว			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนยถั่ว

มพช.๑๐๑๒/๒๕๕๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเนยถั่วที่มีถั่วลิสงเป็นส่วนประกอบหลัก บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

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

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลวข้น ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน อาจมีชิ้นหยากของถั่วลิสงที่ใช้ปนอยู่บ้างเล็กน้อยหรือมีชิ้นส่วนของส่วนประกอบอื่นกระจายอย่างสม่ำเสมอ 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

3.7 วัตถุเจือปนอาหาร

หากมีการใช้สีสังเคราะห์ ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

3.8 จุลินทรีย์

3.8.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารฉบับร่าง ไม่สามารถแก้ไขได้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ล่วงหน้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.2 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม



ภาคผนวก ง

การเตรียมผงเมล็ดพืชน้ำมันและมาร์ชชีแพน

ง1 การเตรียมผงเมล็ดพืชน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง1.1 การเตรียมเมล็ดพืชน้ำมัน

อุปกรณ์

- 1.) หม้อสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ความสูง 5 นิ้ว
- 2.) อ่างสแตนเลส ขนาด 20 นิ้ว
- 3.) กระชอนสแตนเลส

วิธีการ

- 1.) ต้มเมล็ดพืชน้ำมัน (เมล็ดแดงโคมะหรือเมล็ดถั่วดาวอินคา) 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 processor))
- 3.) อบแห้งเมล็ดแดงโคมะหรือเมล็ดถั่วดาวอินคาสไลด์ ด้วยเครื่องแบบลมร้อนแบบถาด โดยกำหนดปริมาณเมล็ดแดงโคมะ 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

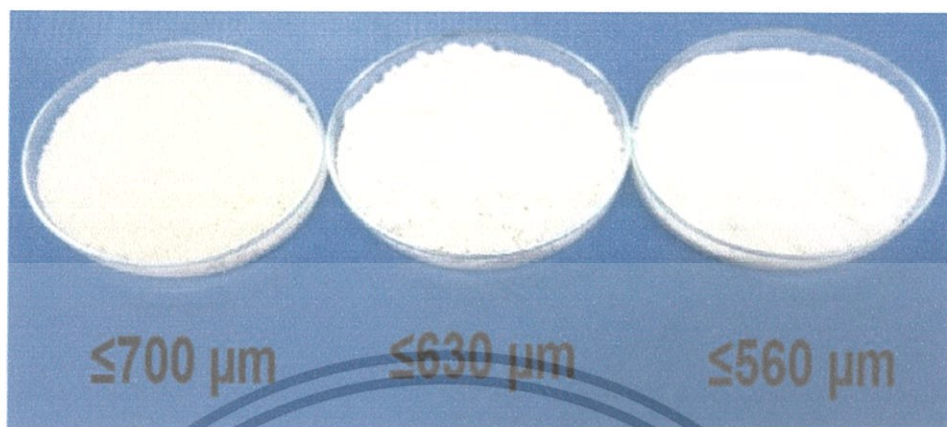
อุปกรณ์

- 1.) เครื่องร่อน และตะแกรงร่อนขนาด 700, 630 และ 560 ไมโครเมตร
- 2.) เครื่องซีลร้อนแบบสูญญากาศ

วิธีการ

- 1.) ปั่นเมล็ดแดงโคมะแห้งหรือเมล็ดถั่วดาวอินคาอบแห้ง ด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (food processor) ปริมาณ 200 กรัม (ต่อครั้ง) โดยใช้โถปั่นของแห้งด้วยความเร็วสูงสุด นาน 1 นาที
- 2.) ร่อนโดยใช้เครื่องร่อน ด้วยตะแกรงขนาด 700, 630 และ 560 ไมโครเมตร ตามลำดับ
- 3.) เก็บรักษาผงเมล็ดพืชที่ผ่านการแยกขนาดของผงแล้ว ในถุงพลาสติกแบบสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ง1.1 ผงเมล็ดแดงโมที่ขนาดอนุภาคต่างๆ



ภาพภาคผนวกที่ ง1.2 ผงเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง2 การทำมาร์ชชีแพน

อุปกรณ์

- 1.) เครื่องตีผสม
- 2.) อ่างสแตนเลส ขนาด 20 นิ้ว
- 3.) กระชอนสแตนเลส
- 4.) ไม้พาย

ง2.1 การเตรียมน้ำตาลทรายบดละเอียด

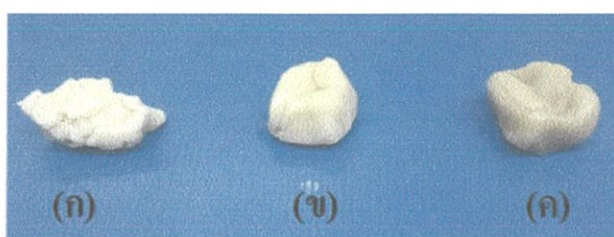
ปั่นน้ำตาลทราย 200 กรัม ในโถปั่นของแข็งของเครื่องปั่นผสมอาหาร (food processer) ด้วยความเร็วสูงสุด นาน 2 นาที ร่อนน้ำตาลทรายบดละเอียดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 250 ไมครอน

ง2.2 การเตรียมเมอแรงค์ไข่ขาว

ตีไข่ขาว 100 กรัม ด้วยเครื่องตีผสม ด้วยหัวตีแบบตะกร้อ ด้วยความเร็วสูงสุด นาน 5 นาทีจนตั้งยอดแข็ง

ง2.3 ขั้นตอนการทำมาร์ชชีแพน

- 1.) ร่อนผงเมล็ดแดง โมหรือผงเมล็ดถั่วดำอินทรีย์ร่วมกับน้ำตาลทรายบดลงในอ่างผสม
- 2.) เติมเมอแรงค์ไข่ขาวลงในอ่างผสม และทำการปั่นส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสม ที่ความเร็วระดับ 4 (ปานกลาง) นาน 5 นาที ด้วยหัวตีใบพาย
- 3.) ตะล่อมส่วนผสมด้วยพายยางให้เข้ากันจนสามารถขึ้นรูปเป็นก้อน เก็บในถุงพลาสติกในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ ง2.1 มาร์ซีเพนทางการค้า (ก) มาร์ซีเพนจากผงเมล็ดเตงโม (≤ 560 ไมโครเมตร) (ข) และมาร์ซีเพนจากถั่วดาวอินคา (≤ 560 ไมโครเมตร) (ค)



ภาพภาคผนวกที่ ง2.2 มาร์ซีเพนจากเมล็ดเตงโมเพิ่ม Corn starch แต่ละระดับความเข้มข้น



ภาพภาคผนวกที่ ง2.3 มาร์ซีเพนจากเมล็ดเตงโมเพิ่ม Guar gum แต่ละระดับความเข้มข้น



ภาพภาคผนวกที่ ง2.4 มาร์ซีเพนจากเมล็ดเตงโมเพิ่ม Xanthan gum แต่ละระดับความเข้มข้น



ภาพภาคผนวกที่ ง2.5 มาร์ซีเพนจากเมล็ดเตงโมเพิ่ม Arabic gum แต่ละระดับความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ชื่อ นางนภัสรพี เหลืองสกุล

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7

หน่วยงานที่อยู่ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.ด	เทคโนโลยีทางอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2553
วท.ม	เทคโนโลยีทางอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2544
วท.บ	เทคโนโลยีทางอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2535

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Rice products, Bread technology, Bakery technology, Cereal-based products and Fermented-cereal based products, Starch technology.

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

Young Investigator's Award, the excellent paper of Characteristics of two cultivars of Thai glutinous rice and their application to the rice crackers (arare) in the 2nd International Symposium on Rice and Disease Prevention, 26th-27th October, 2008. Wakayama, Japan.

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
Utilization of rice flour and legumes flours in making gluten-free bread.	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ งบประมาณแผ่นดิน
Development of pound cake for vegans.	ทุนวิจัยเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Development of healthy ready-to-eat fried rice.	งบบุทธศาสตร์ (ต่อเนื่อง 3 ปี, พ.ศ.2557-2559)
Value added agricultural products: Utilization of resistant starch in legume flour for healthy pasta and bakery product.	งบบุทธศาสตร์ (ต่อเนื่อง 2 ปี, พ.ศ.2557-2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

8.1 Publications:

- Luangsakul, N.** 2003. Varietal Differences of Thai Glutinous Rice in relation to Quality Characteristics of Traditional Thai Rice Cracker (Khao-tan). King Mongkut's Agricultural Journal. 21(3), pp 55-67. (in Thai)
- Luangsakul, N., Kulmanoachwong, D. and Chivavithunakit, P.** 2004. Utilization of Skipjack Fish Bone in Traditional Thai Rice Cracker (Khao-tan) for Calcium Fortification. King Mongkut's Agricultural Journal. 22(1), pp 61-69. (in Thai)
- Keeratipibul, S., Luangsakul, N. and Lertsatchayarn, T.** 2008. The effect of Thai glutinous rice cultivars, grain length and cultivating locations on the quality of rice cracker (arare). LWT-Food Science and Technology, 41, 1934-1943.
- Luangsakul, N., Keeratipibul, S., Jindamorakot, S. and Tanasupawat, S.** 2009. Lactic acid bacteria and yeasts isolated from the starter doughs for Chinese steamed buns in Thailand. LWT-Food Science and Technology, 42, 1404-1412.
- Keeratipibul, S., Luangsakul, N., Otsuka, S., Sakai, S., Hatano, Y. and Tanasupawat, S.** 2010. Application of the Chinese steamed bun starter dough (CSB-SD) in breadmaking. Journal of Food Science, 75, 596-604.
- Keeratipibul, S., Luangsakul, N., Otsuka, S., Sakai, S., Hatano, Y. and Tanasupawat, S.** 2013. Effects of the amount of Chinese steamed bun starter dough (CSB-SD) and the activation time on dough and bread properties. Journal of Food Processing and Preservation, 37, 232-244.
- Luangsakul, N., Supasom, B. and Yaiyen, S.** 2016. Impact of the Enzymatic Modification of Rice Flours on *In Vitro* Digestibility and Molecular Properties. Journal of Agricultural Technology. 12(7.2): 2141-2154.
- Wongsrisiri, S and Luangsakul, N.** 2017. Effect of setting agent on quality of tubed-package on sesame tofu. Journal of Agricultural Technology. 13(7.1): 1517-1526.

8.2 Conference papers (full text):

- Chupanit, W., Mulser, C. and Luangsakul, N.** 2003. Utilization of Red Snapper Fish Bone In Butter Cookies for Calcium Fortification. In Proceedings of the 5th Agro-Industrial Conference THAIFEX AND THAIMEX 2003. Bitec Convention Center, Bangkok. 30th-31st May, 2003: pp: 282-288. (in Thai)
- Luangsakul, N.** 2004. Effect of Processing Parameters in relation to Qualities of Traditional Thai Fried Rice Cracker (Khao-Tan). In Proceedings of the 1st KMITL International Conference on Integation of Science and Technology for Sustainable Development. KMITL, Bangkok. Thailand. 24th-26th August, 2004: pp: 379-384.

Luangsakul, N., Katekasem, P., Suksawang, M. and Pornanansiri, S. 2011 The effects of the amount and type of wheat flour and mixing method on the quality of fortune cookies. In Proceedings of the 49th Kasetsart University Annual Conference. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. 1st-4th February, 2011: pp: 290-298. (in Thai)

Luangsakul, N., Siamtong, A., Wongthida, T., and Punga, U. 2011. Effects of dough sheeting, dough weight and proofing temperature on dough and bread properties using no-time dough method. In Proceedings of The 12th Asean Food Conference 2011. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand 16th-18th June, 2011: pp: 556-559.

Lunnawa, P., Luangsakul, N. 2012. Composition and physicochemical properties of starch isolated from Chinese water chestnut (*Eleocharis dulcis* Trin.). In Proceedings of the 1st Asean plus three Graduate Research Congress (AGRC 2012). Chiang Mai, Thailand, 1st-2nd March, 2012. pp: 422-428.

Luangsakul, N., Ruenpirom, S., Boothsri, A. 2012. Pasting properties of Chinese water chestnut (*Eleocharis dulcis* Trin.) starch and textural properties of its gel. In Proceedings of the 14th Food Innovation Asia Conference 2012. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, 14th-15th June, 2012. pp: 37-42.

Luangskul, N., Apiwong, P., Reungsang, M. and Kaewmon, A. 2012 Development of freeze-dried snack from Chinese water chestnut (*Eleocharis dulcis* Trin.). In Proceedings of the 14th Food Innovation Asia Conference 2012. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, 14th-15th June, 2012: pp: 318-324.

แก้วขวัญ ใจกว้าง และ นภัสรพี เหลืองสกุล. ๒๕๕๕. สมบัติของโดและชาลาเป่ากล้ำเชื้อที่หมักจากลูกแป้งที่ผลิตทางภาคเหนือของไทย. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ ๑ “อุตสาหกรรมเกษตรไทยเทิดไท้องค์ราชันย์” จัดโดยคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โรงแรมดิเอมเมอร์ลด์ รัชดาภิเษก กรุงเทพฯ ประเทศไทย วันที่ ๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๕. หน้า ๑๐๕-๑๑๖.

Jaikwang, K. and Luangsakul, N., 2012. Characteristics of dough and Chinese steamed bun fermented from Thai traditional fermentation starter (Loog-Pang) produce in the northern part of Thailand. In Proceedings: The 1st KMITL Agro-Industry Conference. The Emeral Hotel, Bangkok. Thailand, 7st September, 2012 pp: 109-116. (in Thai)

จริยา สุขสวัสดิ์ และ นภัสรพี เหลืองสกุล. ๒๕๕๕. ปริมาณสตาร์ชทย่อยและสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งจากพืชตระกูลถั่ว. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ ๑ “อุตสาหกรรมเกษตรไทยเทิดไท้องค์ราชันย์” จัดโดยคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โรงแรมดิเอมเมอร์ลด์ รัชดาภิเษก กรุงเทพฯ ประเทศไทย วันที่ ๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๕. หน้า ๒๑๔-๒๒๐.

Suksawat, C. and Luangsakul, N. 2012. Resistant starch content and physicochemical properties of legume flour. In Proceedings: The 1st KMITL Agro-Industry Conference. The Emerald Hotel, Bangkok. Thailand, 7st September, 2012 pp:214-220. (in Thai)

Rongchoung, J. and Luangsakul, N. 2012. Effects of selected gluten-free flours on the qualities of gluten-free cookies. In Proceedings: The 1st KMITL Agro-Industry Conference. The Emerald Hotel, Bangkok. Thailand, 7st September, 2012. (in Thai)

ณัฐธินิชา อ่วมสุโข และ นภัสรพี เหลืองสกุล. ๒๕๕๖. ผลของวิธีการแปรรูปต่อความสามารถในการถูกย่อยของสตาร์ชในหลอดทดลองในถั่วมะแฮะ ถั่วแดงหลวง และสตาร์ชแห้วจีน. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ ๒ “ความท้าทายของอุตสาหกรรมอาหาร: สังคมผู้สูงอายุและการเปลี่ยนแปลงของโลก” จัดโดยคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โรงแรมวินเซอร์ สวีท สุขุมวิท, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย วันที่ ๓๐ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๖. หน้า ๑๔๕-๑๕๑.

Oamsukho, N. and Luangsakul, N. 2013. Effects of various processing techniques on the *in vitro* starch digestibility in Pigeon Pea, Red kidney bean and Chinese water chestnut starch. In Proceedings: The 2nd KMITL Agro-Industry Conference. The Windsor Hotel, Bangkok. Thailand, 30st August, 2013 pp: 145-151.

Sartsara, W., and Luangsakul, N. 2014. Characteristics of the bread made from rice and legume flours substituted to wheat flour. In Proceedings of the **International Research Conference on Engineering and Technology (IRCET 2014)**. Ayodya resort, Bali, Indonesia, 27th-29th June, 2014. pp: 602-611.

Supasom, B., and Luangsakul, N. 2014. Comparison of *in vitro* starch digestibility between legumes, tubers and cereals. In Proceedings of the **International Research Conference on Engineering and Technology (IRCET 2014)**. Ayodya resort, Bali, Indonesia, 27th-29th June, 2014. pp: 612-622.

Chomchuenjitsin, T. and Luangsakul, N., 2014. Effects of oil types on the quality of cake for vegans. In Proceedings of the **International Research Conference on Engineering and Technology (IRCET 2014)**. Ayodya resort, Bali, Indonesia, 27th-29th June, 2014. pp: 623-630.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chetyakamin, L. and Luangsakul, N. 2016. Influence of quinoa variety, soaking and salt concentration on percentage of germination and antioxidant activity of quinoa. In Proceedings of the 18th Food Innovation Asia Conference 2016. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand 16th-18th June, 2016. pp: 157-162.

ภัทรารณณ์ ศิลลา และ นภัสรพี เหลืองสกุล. 2559. การศึกษาสมบัติการย่อยในหลอดทดลอง ของฟลาวอร์ข้าวชนิดต่างๆ ที่ตัด แปรรูปด้วยวิธีการให้ความร้อนร่วมกับความชื้น (Heat-Moisture Treatment) และวิธีแอนนีย์ลิ่ง (Annealing). การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร. 12 (กรกฎาคม): 253-254.

Yoosiri, L. and Luangsakul, N. 2017. Influence of drying condition and powder particle size of watermelon seed and sacha inchi seed in making marzipan. In Proceeding of the 19th Food Innovation Asia Conference 2017, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, 15-17th June, 2017. pp: 720-729.

น้ำฝน ชูพูล และ นภัสรพี เหลืองสกุล. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งรสเผ็ดไทยจากข้าว. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร. 21 (กรกฎาคม): s675-s685.

ชนกานต์ จันทร์ศิลา และ นภัสรพี เหลืองสกุล. 2560. ผลของแป้งข้าวด้สน้ำตาลต่ำต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของขนมขอม่วงและขนมกุยช่าย. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร. 21 (กรกฎาคม): s830-s844.

ภูวดล สังข์ชาติ และ นภัสรพี เหลืองสกุล. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดมังสวิรัตินึ่งปรุงกระป๋อง. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร. 21 (กรกฎาคม): s823-s829.

Luangsakul, N. and Sillar, P. 2517. Physicochemical properties of Thai low glycemic index (GI) rices differing in amylose content. In the Proceeding of the 15th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology (ISBB 2017), Hurghada, Egypt, 17-20th October, 2017. pp: 130-137.

8.3 Conference paper (abstracts):

Khopalasure, S, Sungsiin, A. and **Luangsakul, N.** 2005. Development of Butter Cake for Strict Vegetarians. In Proceedings of the 7th Agro-Industrial Conference 2005. Bitec Convention Center, Bangkok. 22nd-24th June, 2005. (in Thai)

Luangsakul, N., Maeda, T., Lertsachayarn, T., Morita, N. and Keeratipibul, S. 2008. Characteristics of two cultivars of Thai glutinous rice and their application to the rice crackers (arare). In Proceedings of the 2nd International Symposium on Rice and Disease Prevention, Wakayama Prefectural Culture Hall, Wakayama, Japan, 26th-27th October, 2008.

Luangsakul, N. and Jaikwang, K. 2012. Characteristics of Chinese steamed bun made from Thai traditional fermentation starter (Loog-Pang). In Proceedings of the V Symposium on Sourdough Cereal Fermentation for Future Foods, Hotel Hilton Strand, Helsinki, Finland, 10th-12th October, 2012.

Luangsakul, N. and Puttongsiri, T. 2012 Volatile compounds of a commercial Chinese steamed bun made from a Thai traditional fermentation starter (Loog-Pang). In Proceedings of the V Symposium on Sourdough Cereal Fermentation for Future Foods, Hotel Hilton Strand, Helsinki, Finland, 10th-12th October, 2012.

8.4 Books:

Keeratipibul S. and Luangsakul N. 2012. Chinese steamed buns. In Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology, 2ed, edited by Y. H. Hui; E. Özgül Evranuz, CRC press, NY.

ดร. นภัสรพี เหลืองสกุล และ ดร. สวามินี นวลเชกุล. 2559. Cooking Bible: Bakery. บริษัท อมารินทร์พรีนติ้งแอนด์พับลิชชิง จำกัด (มหาชน).