รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของสารให้ความหวานต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์เพื่อสุขภาพจากเนื้อไก่เศษเหลือจากการตัดแต่ง

(Effect of sweeteners on development of sweet dried meat product for health from chicken meat trimming)

โดย

เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์ และ พิทยา อดุลยธรรม

(Saowakon Wattanachant and Pittaya Adulyatham)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

พ.ศ. 2557

ผลของสารให้ความหวานต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์เพื่อสุขภาพจากเนื้อไก่เศษเหลือจากการตัดแต่ง

โดย

เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์
พิทยา อดุลยธรรม

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากเงินรายได้
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประเภททั่วไป ประจำปี พ.ศ. 2553

ชื่อโครงการวิจัย ผลของสารให้ความหวานต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์เพื่อสุขภาพจากเนื้อไก่เศษเหลือจากการตัดแต่ง

ชื่อผู้วิจัย เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์ และ พิทยา อดุลยธรรม

ทุนวิจัย เงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเภททั่วไป ประจำปี 2553

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ต้องการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากเนื้อไก่เศษเหลือจากการตัดแต่งขึ้นรูปใหม่เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีส่วนประกอบหลักเป็นน้ำตาลที่ช่วยเพิ่มรสชาติ สี และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จึงศึกษาวิจัยถึงผลของปริมาณน้ำตาล ชนิดของสารให้ความหวาน ปริมาณความชื้นต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเพื่อกำหนดอายุการเก็บในสภาวะการบรรจุที่เหมาะสม

การศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสที่ระดับร้อยละ 20, 25, 30, 35, 40 และ 45 ของน้ำหนักเนื้อทั้งหมดต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์ พบว่าคะแนนความชอบ (9-point hedonic) ทางด้านความหวาน รสชาติ ความนุ่มเนื้อ และความชอบรวมมีคะแนนเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 35 และคะแนนความชอบในด้านดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มสูงกว่าร้อยละ 35 เมื่อศึกษาเปรียบเทียบชนิดสารให้ความหวานได้แก่ น้ำตาลซูโครส ฟรุกโทส แลกโตส ซอร์บิทอล และมอลโตเด็กซ์ตริน ที่ระดับร้อยละ 35 ของน้ำหนักเนื้อต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ ปรากฏว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลแลคโตสเป็นสารให้ความหวานจะมีค่า L* และ b* สูงสุด (P<0.05) และการใช้น้ำตาลฟรุกโตสจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L* และ b* ต่ำสุด (P<0.05) แต่มีค่า a* สูง ส่วนการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารให้ความหวานผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์จะมีค่า a* และ b* สูงที่สุด เมื่อทดสอบค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อพบว่าการใช้น้ำตาลซูโครสและซอร์บิทอลทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อต่ำสุดแตกต่างจากน้ำตาลชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) นอกจากนี้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานสูงสุดไม่แตกต่างจากการใช้น้ำตาลซอร์บิทอลเป็นสารให้ความหวานอย่างมีนัยสำคัญ ($P\geq$0.05) จากผลการทดลองจึงคัดเลือกน้ำตาลที่สามารถปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์ให้ดีขึ้น ได้แก่ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลฟรุกโตส น้ำตาลซอร์บิทอล และน้ำตาลมอลโตเด็กซ์ตริน เพื่อศึกษาอัตราส่วนของสารให้ความหวานระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน และ ซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล ในอัตราส่วน 70:15:15, 60:20:20 และ 50:25:25 ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้อัตราส่วนของน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารให้ความหวานจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a* สูงขึ้น แต่มีค่า

b* ลดลง และจากการทดลองใช้น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล เป็นสารให้ความหวาน พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อและค่า a* สูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) ส่วนทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าทั้งอัตราส่วนของน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน และอัตราส่วนน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล ในอัตราส่วน 70:15:15 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด เมื่อนำทั้งสองสูตรมาทำการเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยมีสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 35 เป็นสูตรควบคุม พบว่าทางด้านลักษณะปรากฏ (ความวาว) สีความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวมผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

การศึกษาผลของความชื้นก่อนทอดที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือช่วงร้อยละ 15-20 20-25 25-30 และ 30-35 ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสม (น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15) และสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) พบว่าค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้น ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสมจะมีค่า L* สูงขึ้นแต่มีค่า a* ลดลงตามระดับความชื้นก่อนทอดที่สูงขึ้น แต่ระดับความชื้นก่อนทอดไม่มีผลต่อค่า b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ส่วนตัวอย่างสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) จะมีค่า L* a* และ b* ลดลงเมื่อระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้น ($P \geq 0.05$) ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสมที่มีระดับความชื้นก่อนทอดในช่วงร้อยละ 30-35 มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด ส่วนสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านสี ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านความนุ่มเนื้อสูตรที่มีระดับความชื้นก่อนทอดในช่วงร้อยละ 30-35 สูงที่สุด

เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ 2 สูตร คือ สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35%) และสูตรน้ำตาลผสม (น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15) ที่มีการบรรจุตัวอย่างแตกต่างกัน 2 สภาวะ คือ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Oriented Polypropylene (OPP) ปิดผนึกแบบสภาวะปกติ และบรรจุแยกชิ้นในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LLDPE ปิดผนึกแบบสุญญากาศ พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.64-0.70 และค่า TBA มีแนวโน้มลดต่ำลงในตัวอย่างทุกสูตรการทดลองเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ทางด้านเชื้อจุลินทรีย์พบว่าผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ทุกสูตรและทุกแบบการบรรจุจะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณเชื้อยีสต์และราจะตรวจเจอในสัปดาห์ที่ 8 และผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ทุกสูตรเมื่อมีเก็บรักษานานขึ้นจะส่งผลให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสลดต่ำลง ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสมในการบรรจุทั้ง 2 แบบ เมื่อเก็บรักษาไปจนถึงสัปดาห์ที่ 8 ผู้บริโภคยังมีการยอมรับทางด้านประสาท

สัมผัสอยู่ แต่ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) ที่บรรจุแบบสุญญากาศจะมีอายุการเก็บ 8 สัปดาห์ และผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) ที่บรรจุแบบปกติจะมีอายุการเก็บ 6 สัปดาห์

Research Title Effect of sweeteners on development of sweet dried meat product for health from chicken meat trimming

Authors Saowakon Wattanachant and Pittaya Adulyatham

Research Grant Prince of Songkla University

Abstract

This research aimed to increase beneficial use of chicken meat trimming by reforming to be sweet dried chicken meat product. However, the main ingredient for this product is sugar which functions for taste, color, and texture of product. Different type and amount of sugar might influence on quality characteristics and nutritional composition of the product. Therefore, the objectives of this research was to study on the effect of sugar level, type of sweetener, and moisture content on physical and chemical quality characteristics of sweet dried chicken meat product. In addition, quality changes of product during storage were investigated to determine the shelf-life of product in appropriate packing.

The effect of sucrose level at 20, 25, 30, 35, 40 and 45% of meat weight on sensory characteristics of sweet dried chicken meat was studied. The sensory scores (9-point hedonic) on sweetness, taste, texture and overall preference increased as sucrose level was increased up to 35%. The sensory score tended to decrease when the sucrose level was higher than 35%. The quality of sweet dried chicken meat was determined comparatively when using different types of sweetener (sucrose, fructose, lactose, sorbital, and maltodextrin) at 35% of meat. The result showed that lactose provide the highest L* and b* color value in product compared to other sweeteners ($P<0.05$). While product using fructose, had lowest in L* and b* value but highest in a* value ($P<0.05$). The product was obtained higher a* and b* value when using maltodextrin as sweetener. Sucrose and sorbital resulted in lower shear force value of product ($P<0.05$) and obtained higher sensory scores in all characteristics ($P<0.05$). Mixing ratio of sucrose: fructose: sorbital and sucrose: fructose: maltodextrin at 70:15:15, 60:20:20 และ 50:25:25 was investigated the effect on quality of sweet dried chicken meat. It was found that reducing sugar content in product was increased when using mixing of sucrose, fructose and maltodextrin resulting to increase in a* value and lower in b* value of product. The product with all ratios of mixing sucrose, fructose, and sorbital was not different in shear force value and a* value

(*P*≥0.05). The mixing sweeteners at ratio 70:15:15 for both groups (sorbital and maltodextrin) provided highest sensory score of the product. The product using mixing sweetener had significantly higher sensory scores in glossiness appearance, color, sweetness, taste, and overall preference than that of the control product (sucrose 35%).

The effect of moisture content (20-25, 30-35, and 40-45%) before frying on quality of sweet dried chicken meat product after frying were evaluated in product using mixing sweetener (sucrose : fructose : maltodextrin at ratio 70:15:15) and using sucrose 35% (control). Shear force value of product decreased when moisture content increased. L* value increased while a* value decreased according to the moisture content of product. However, moisture content after drying did not influence on b* value of product after frying (*P*≥0.05). The control product sample (35% sucrose) had lower L*, a* and b* value when moisture content before frying was increased. The product prepared from mixing sweeteners at moisture content 30-35% had highest sensory scores in all characteristics. The control product sample with 35% sucrose at all moisture contents studied were not different sensory scores in color, sweetness, taste and overall preference (*P*≥0.05). However, the control product with 30-35% moisture content before frying had the highest sensory score in texture.

Quality changes during storage of product samples prepared from mixed sweeteners (35 % of sucrose: fructose: maltodextrin at 70:15:15) and sucrose 35% (control) were evaluated. Packing conditions of product were studied comparatively between ordinary sealed in Oriented Polypropylene (OPP) plastic bag and vacuum sealed in Nylon/LLDPE plastic bag. Sweet dried chicken meat product samples (a_w in the range of 0.64-0.70) had lower TBA value, sensory scores, and higher total viable bacteria count during storage time for 8 weeks. Yeast and mold count in all product samples was detected after 8 weeks storage. Sensory scores in all characteristics of products during storage were still acceptable up to 8 weeks storage for product using mixed sweetener packed in vacuum sealed plastic bag. The acceptable sensory scores of control product packed in ordinary sealed plastic bag were obtained for 6 weeks storage.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ในการวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะวิจัย

เมษายน 2557

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		ก
Abstract		ง
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญตารางผนวก		ฎ
สารบัญภาพ		ฏ
บทที่		
1	**บทนำ**	1
	บทนำต้นเรื่อง	1
	วัตถุประสงค์	2
2	**การตรวจเอกสาร**	3
3	**อุปกรณ์และวิธีการวิจัย**	11
4	**ผลการทดลองและวิจารณ์**	18
	องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่เศษเหลือ	18
	การศึกษาผลของสารให้ความหวานต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	19
	ผลของความชื้นก่อนทอดต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สรรค์	32
	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	40
5	**สรุปผลการวิจัย**	51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง 55

ภาคผนวก

ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ 62

ข การวิเคราะห์ทางเคมี 64

ค การทดสอบทางประสาทสัมผัส 72

ง ตารางผนวกผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา 73

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่เศษเหลือ	19
2	ผลของปริมาณน้ำตาลซูโครสต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	20
3	ผลของชนิดสารให้ความหวานต่อองค์ประกอบทางเคมี โภชนาการและลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	23
4	ผลของชนิดสารให้ความหวานต่อต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	24
5	ผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ต่อองค์ประกอบทางเคมี โภชนาการ และลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	26
6	ผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	28
7	ผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล ต่อองค์ประกอบทางเคมี โภชนาการ และลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	29
8	ผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล ต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	31
9	ผลของอัตราส่วนของสารให้ความหวานต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	32
10	ผลของความชื้นก่อนทอดต่อองค์ประกอบทางเคมีและโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรสารให้ความหวานผสม	33
11	ผลของความชื้นก่อนทอดต่อองค์ประกอบทางเคมีและโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรสารให้ความหวานผสม	34
12	ผลของความชื้นก่อนทอดต่อองค์ประกอบทางเคมีและโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครส ที่ร้อยละ 35	35
13	ผลของความชื้นก่อนทอดต่อองค์ประกอบทางเคมีและโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครส ที่ร้อยละ 35	35

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ผลของความชื้นก่อนทอดต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรสูตรสารให้ความหวานผสม	37
15	ผลของความชื้นก่อนทอดต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครส ที่ร้อยละ 35	37
16	ผลของความชื้นก่อนทอดต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรสารให้ความหวานผสม	39
17	ผลของความชื้นก่อนทอดต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครส ที่ร้อยละ 35	39
18	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	49
19	ปริมาณเชื้อยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	50

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ลักษณะทางกายภาพและค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศ (สูตรน้ำตาลผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15)	73
2	ลักษณะทางกายภาพและค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบปกติ (สูตรน้ำตาลผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15)	74
3	ลักษณะทางกายภาพและค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศ (สูตรควบคุม; น้ำตาลซูโครสร้อยละ 30)	75
4	ลักษณะทางกายภาพและค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบปกติ (สูตรควบคุม; น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 30)	76
5	การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศ (สูตรน้ำตาลผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15)	77
6	การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบปกติ (สูตรน้ำตาลผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15)	78
7	การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศ (สูตรควบคุม; น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 30)	79
8	การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบปกติ (สูตรควบคุม; น้ำตาลซูโครสร้อยละ 30)	80

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	7
2	ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสแตกต่างกัน	20
3	ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้สารให้ความหวานแต่ละชนิด	24
4	ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่อัตราส่วนสารให้ความหวานระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน	27
5	ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่อัตราส่วนสารให้ความหวานระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล	30
6	ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรสารให้ความหวานผสมที่มีระดับความชื้นก่อนทอดแตกต่างกัน	38
7	ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครสที่มีระดับความชื้นก่อนทอดแตกต่างกัน	38
8	การเปลี่ยนแปลงค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	40
9	การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	42
10	การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	42
11	การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	43
12	การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	43
13	การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	44
14	คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (ความวาว) ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	45
15	คะแนนความชอบด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	46
16	คะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	46
17	คะแนนความชอบด้านความนุ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	คะแนนความชอบด้านความหวานของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	47
19	คะแนนความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	48
20	คะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา	48

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

เนื้อไก่เป็นวัตถุดิบทางปศุสัตว์ที่มีปริมาณการผลิตสูงต่อเนื่องทุกปีเนื่องจากเป็นที่นิยมบริโภค เพราะมีราคาวัตถุดิบไม่สูงมาก เนื้อไก่ยังมีผลดีต่อสุขภาพเนื่องจากปริมาณไขมันต่ำเมื่อเทียบกับเนื้อชนิดอื่นๆ และยังเป็นวัตถุดิบอาหารฮาลาลที่มีปริมาณส่งออกสูงในอันดับต้นของสินค้าเกษตรของไทย จากข้อมูลสถิติการเกษตรของไทย (2552) รายงานปริมาณการผลิตไก่เนื้อ 917 ล้านตัว สำหรับแหล่งผลิตในภาคใต้พบว่า จังหวัดสงขลาเป็นจังหวัดที่มีปริมาณการผลิตไก่เนื้อสูงสุด อัตราการบริโภคเนื้อไก่ของไทยอยู่ที่ 14.9 กก./คน/ปี สำหรับการส่งออกจะส่งออกในรูปผลิตภัณฑ์เนื้อไก่มากที่สุด โดยมีปริมาณการส่งออก 466 ล้านกิโลกรัมในปีพศ. 2554 ซึ่งมีมูลค่าสูงถึง 60,361 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ตัดแต่งเพื่อจำหน่ายในรูปเนื้อไก่แช่แข็งหรือเนื้อไก่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะมีเนื้อที่เหลือจากการตัดแต่ง (trimming) และเนื้อเหลือติดส่วนกระดูกในปริมาณสูง 10-15% ต่อน้ำหนักซาก ซึ่งทางโรงงานอุตสาหกรรมได้นำไปพัฒนาเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูปในรูปแบบต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก นักเก็ตไก่ เบอร์เกอร์ไก่ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการจำหน่ายเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูกกว่าเนื้อไก่ปกติไปยังผู้บริโภคและอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อต่างๆ

ผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อปรุงรสที่ผ่านการอบแห้งและทอดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเป็นที่นิยมบริโภคโดยทั่วไป ส่วนใหญ่นิยมผลิตโดยใช้เนื้อหมูหรือเนื้อวัวซึ่งในบางช่วงอาจประสบปัญหาราคาวัตถุดิบที่สูงขึ้นมีผลกระทบต่อต้นทุนของผู้ผลิต การนำเนื้อไก่เศษเหลือจากการตัดแต่ง (trimming) มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์ในรูปแบบการเตรียมแบบอิมัลชันขึ้นรูป นอกจากช่วยพัฒนาเพิ่มมูลค่าของเนื้อไก่เศษเหลือยังช่วยเพิ่มทางเลือกวัตถุดิบและชนิดผลิตภัณฑ์ให้กับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เนื้อสูตรอาหารไทย รวมทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถส่งเสริมเพื่อเป็นอาหารฮาลาลได้ การนำเนื้อไก่เศษเหลือมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อบดอิมัลชันปรุงรสที่ผ่านการทำแห้งและทอดอาจช่วยลดความเหนียวของเส้นใยกล้ามเนื้อได้ อย่างไรก็ตามส่วนผสมหลักที่นำมาใช้ผสมกับเนื้อ คือ น้ำตาล การที่ผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์นั้นใช้น้ำตาลปริมาณสูงในสูตร บางครั้งทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำและเนื้อสัมผัสแห้งแข็งไม่เป็นที่ยอมรับหากการควบคุมกระบวนการทอดไม่สม่ำเสมอ และในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่ต้องใช้อุณหภูมิต่ำระยะเวลาในการทอดนานเพื่อป้องกันการไหม้ดำของผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลสูง มีผลให้ผลิตภัณฑ์ดูดซับน้ำมันส่งผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สั้น

เนื่องจากเกิดการหืนอย่างรวดเร็ว และการมีปริมาณน้ำตาลสูงยังมีผลจำกัดต่อการบริโภคของผู้บริโภค บางกลุ่มที่มีปัญหาในการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำตาลสูงไม่ได้หรือผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมพลังงานเพื่อการรักษาสุขภาพ จึงได้คิดศึกษาผลของสารให้ความหวานน้ำตาลประเภทต่างๆต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งด้านลักษณะปรากฏและทางด้านโภชนาการ และศึกษาผลการใช้สารให้ความหวานที่มีพลังงานต่ำ ดูดซึมช้า หรือมีคุณสมบัติเป็นสาร prebiotic เพื่อลดสัดส่วนการใช้น้ำตาลซูโครสลง ซึ่งอาจช่วยเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์และช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้น และเป็นช่องทางที่ดีทางการตลาดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เพื่อสุขภาพ ซึ่งเป็นความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน

แนวโน้มผู้บริโภคในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการเกิดโรคกับอาหารที่บริโภค โดยพบว่าการบริโภคอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลและไขมันสูงจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อสัตว์ที่มีองค์ประกอบของไขมันในส่วนผสมเป็นปริมาณสูงอาจมีผลกระทบต่อการยอมรับของผู้บริโภคในปัจจุบันได้ โครงการนี้จึงมีแนวคิดในการนำเนื้อไก่เศษเหลือมาบดแล้วผสมกับส่วนประกอบที่ช่วยในการปรุงรสเพื่อทำเป็นเนื้อสวรรค์ชนิดแผ่นที่มีรูปทรงที่แน่นอน แล้วหาสูตรและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ชนิดและปริมาณน้ำตาลมีผลต่อผลิตภัณฑ์ทั้งในเรื่องรสชาติ เนื้อสัมผัส และลักษณะความวาวของผลิตภัณฑ์ และมีผลต่อคุณภาพทางโภชนาการ จึงมีแนวคิดที่จะนำสารให้ความหวานประเภทน้ำตาลมาใช้ทดแทนปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เคยใช้ เนื่องจากสารที่ทดแทนความหวานบางชนิดนั้นจะให้ค่าพลังงานที่ต่ำกว่าน้ำตาลที่ใช้อยู่และดูดซึมได้ช้ากว่า(Zehner and Zehner, 2004) สารที่จะนำมาใช้ทดแทนความหวานของน้ำตาลซูโครสได้แก่ ฟรุกโตส , ซอร์บิทอล แลกโตส และ มอลโตเดร็กติน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของสารให้ความหวานต่อลักษณะคุณภาพของเนื้อไก่สวรรค์
2. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณสารให้ความหวานที่เหมาะสมต่อคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์
3. เพื่อศึกษาสภาวะการผลิตที่เหมาะสม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
4. เพื่อทราบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์เพื่อสุขภาพ

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1. เนื้อไก่เศษเหลือ

ปัจจุบันการบริโภคเนื้อไก่ได้เพิ่มมากขึ้น อุตสาหกรรมการแปรรูปจึงมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากสถิติการส่งออกในปี 2552 ประเทศไทยได้ทำการส่งออกผลิตภัณฑ์จากเนื้อไก่เป็นมูลค่า 49,116,891,782 บาท (กรมปศุสัตว์, 2552) จากการแปรรูปเนื้อไก่ดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดส่วนของเนื้อเศษเหลือขึ้น โดยเนื้อเหลือดังกล่าวเกิดจากการแปรรูปเนื้อไก่ตัดแต่งทำให้ให้เกิดเนื้อเหลือที่ไม่ได้ขนาด อย่างไรก็ตามเนื้อเหลือจากการตัดแต่ง(Trimming)จะมีปริมาณไขมันและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับเนื้อตัดแต่ง (Trimmed) ซึ่งเนื้อเศษเหลือดังกล่าวยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงโดยเฉพาะปริมาณโปรตีน ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าจึงมีการนำเนื้อเศษเหลือดังกล่าวมาผลิตเป็นเนื้อขึ้นรูปใหม่ (restructured meat) (McCormick *et al*., 1993) หรือ ผลิตภัณฑ์เลียนแบบซูริมิจากเนื้อไก่เศษเหลือ (อารีย์ โต๊ะเด็ม, 2552) แต่จากการศึกษาค้นคว้ายังไม่พบการนำเนื้อไก่เศษเหลือมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

2. ผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์

ผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งที่ใช้ประโยชน์จากน้ำตาลเพื่อเพิ่มรสชาติ ลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และการยืดอายุการเก็บรักษาจากการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อแบคทีเรีย (Heinz and Hautzinger, 2007) ลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งโดยทั่วไปจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.60-0.90 และมีปริมาณน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 10-50 (Garcia *et al*., 2001; Eskin and Robinson, 2000) ส่วนใหญ่นิยมผลิตโดยใช้เนื้อหมูหรือเนื้อวัว แต่การนำเนื้อเศษเหลือมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์นอกจากช่วยเพิ่มมูลค่าแล้วยังช่วยเพิ่มทางเลือกวัตถุดิบและชนิดผลิตภัณฑ์ให้กับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เนื้อสูตรอาหารไทย รวมทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถส่งเสริมเพื่อเป็นอาหารฮาลาลได้

3. สารให้ความหวาน

น้ำตาลเป็นสารที่ทำให้อาหารมีรสหวานและรสชาติดีขึ้น และยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารได้ (Biliaderis and Izydorczyk, 2007) นอกจากนี้น้ำตาลยังสามารถช่วยป้องกันการเสียสภาพของโปรตีนระหว่างการให้ความร้อนหรือการทำสุกซึ่งจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีอยู่

ภายหลังการทำสุก (Yoo and Lee, 1993) ส่วนในผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของน้ำตาลสูงซึ่งจะช่วยเพิ่มรสชาติ ลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และการยืดอายุการเก็บรักษาจากการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อแบคทีเรีย (Heinz and Hautzinger, 2007) โดยน้ำตาลที่นิยมใช้กันในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลซูโครส น้ำเชื่อมข้าวโพด น้ำตาลแลคโตส น้ำผึ้ง มอลโตเด็กซ์ตริน เป็นต้น (FSIS, 2005)

สารให้ความหวานที่รู้จักกันและนิยมใช้ใส่อาหารทั่วไปคือ น้ำตาลทรายหรือซูโครส ต่อมาได้มีการค้นพบสารให้ความหวานหลายชนิดขึ้น เช่น แซคคาริน ซอร์บิทอล แลกโตส และฟรุกโตส การใช้น้ำตาลยังมีผลต่อลักษณะสีของผลิตภัณฑ์เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ได้แก่ คาราเมลไรเซชัน และปฏิกิริยาเมลลาด ซึ่งปัจจัยการเกิดขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำตาล อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์อาหาร การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลส่งผลต่อคุณภาพด้านสี กลิ่นและรสชาติที่ดีขึ้น (นิธิยา รัตนปนนท์, 2545) น้ำตาลฟรุกโตสมีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดไม่เพิ่มมากเท่ากับแป้งและน้ำตาลซูโครสที่ให้พลังงานเท่ากัน จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่เป็นเบาหวาน นอกจากนี้ร่างกายยังดูดซึมน้ำตาลฟรุกโตสได้ช้ากว่าน้ำตาลชนิดอื่น (Zehner and Zehner, 2004) ซอร์บิทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่มีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครสให้ค่าพลังงานต่ำกว่าและถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ช้าจึงเหมาะที่ใช้เป็นสารให้ความหวานกับผู้ป่วยโรคเบาหวาน (On-diet, 2550) Zehner และZehner (2004) ได้ศึกษาส่วนผสมระหว่างน้ำตาลฟรุกโตสและแลกโตสเพื่อใช้เป็นสารให้ความหวานพลังงานต่ำแทนน้ำตาลซูโครสที่ช่วยลดค่า glycemic index ในเลือดได้ สุรัสวดี และ คณะ (2550) ได้ศึกษาผลของสารให้ความหวานต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูสวรรค์จากเศษเหลือ พบว่าการใช้น้ำตาลซูโครสให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับมากกว่าการใช้ซอร์บิทอล ฟรุกโตส และแลกโตส การใช้น้ำตาลผสมที่อัตราส่วนที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ การใช้สารให้ความหวานผสมในการศึกษาดังกล่าวสามารถลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้ประมาณ 47%ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีแนวคิดที่จะศึกษาผลของสารให้ความหวานน้ำตาลประเภทต่างๆต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งด้านลักษณะปรากฏและทางด้านโภชนาการ และศึกษาผลการใช้สารให้ความหวานที่มีพลังงานต่ำ ดูดซึมช้า เพื่อลดสัดส่วนการใช้น้ำตาลซูโครสลง ซึ่งอาจช่วยเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์และช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้น และเป็นช่องทางที่ดีทางการตลาดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เพื่อสุขภาพ ซึ่งเป็นความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน โดยน้ำตาลที่ใช้ใน

การศึกษาครั้งนี้จะใช้น้ำตาลฟรุกโตส น้ำตาลซอร์บิทอลและน้ำตาลมอลโตเด็กซ์ตรินทดแทนในส่วนของน้ำตาลซูโครส

3.1 ซูโครส (Sucrose)

เป็นน้ำตาลชนิดไดแซ็กคาไรด์ ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม เป็นน้ำตาลที่พบอยู่ทั่วๆ ไปในพืช โดยเฉพาะอ้อยและบีท (beets) มีน้ำตาลซูโครสมาก นิยมนำมาผลิตเป็นน้ำตาลที่มีการเอารงควัตถุสีน้ำตาลเหลืองออก จะได้น้ำตาลที่เป็นผลึกสีขาว (American Dietetic Association, 2004) และยังพบน้ำตาลซูโครสได้ในผลไม้สุกด้วย โมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสต่อกับน้ำตาลฟรุกโตสด้วยพันธะแอลฟา (1,2) ไกลโคไซด์ ทำให้ไม่มีหมู่แอลดีไฮด์และหมู่คีโตนอิสระ ซึ่งเป็นหมู่ที่เหลืออยู่ในโมเลกุล น้ำตาลซูโครส จะถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส และถ้าได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส จะเกิดการสลายตัวได้เป็นคาราเมล (caramel) มีสีน้ำตาล และน้ำตาลซูโครสมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลฟรุกโตส (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) นอกจากนี้ซูโครสยังสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารได้หากใช้ในความเข้มข้นที่เพียงพอ (Wageningen University, 2011)

3.2 ฟรุกโตส (Fructose)

ฟรุกโตสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ส่วนใหญ่พบในผักผลไม้โดยฟรุกโตสที่ใช้ทางการค้าได้จากการไฮโดรไลซิสน้ำตาลซูโครสหรือจากกลูโคสโดยการใช้เอ็นไซม์ (enzymatic isomerization) ข้อดีของน้ำตาลฟรุกโตสคือ มีความหวานมากกว่าซูโครส 1.5 เท่า ดังนั้นจะใช้ฟรุกโตสในปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อต้องการความหวานเท่ากับซูโครสในผลิตภัณฑ์อาหารจึงเป็นการลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การดูดซึมฟรุกโตสของร่างกายจะช้ากว่าน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลซูโครส รวมทั้งฟรุกโตสไม่มีคุณสมบัติในการกระตุ้นอินซูลิน (insulin) และไม่ช่วยเพิ่มซีรัมไตรกลีเซอร์ไรด์ (serum triglycerides) จึงนิยมใช้ ฟรุกโตสเป็นสารให้ความหวานในอาหารสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน (Branen *et al*., 2001) โดยน้ำตาลฟรุกโตสจัดเป็นน้ำตาลรีดิวส์ซิง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549; Nezzal *et al.*, 2009) ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) จากการทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนโดยตรงที่อุณภูมิต่ำกว่าน้ำตาลซูโครส ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล (Ramirez *et al.*, 2004; Salmimen and Hallikainen, 2002)

3.3 ซอร์บิทอล (Sorbitol)

เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่มี 6 คาร์บอน โครงสร้างพบได้ในผักผลไม้และได้จากปฏิกิริยารีดักชันของน้ำตาลอิสระทำให้หมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ (-CHO) ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซีเมททิล (-CH_2OH) เป็นสารที่มีรสหวานเช่นเดียวกับน้ำตาล มีความหวานร้อยละ 60 ของน้ำตาลซูโครส ให้พลังงานเท่ากับ 2.6 แคลอรี่ต่อกรัม (Greenly, 2003; นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) แต่เนื่องจากซอร์บิทอลถูกดูดซึมเข้าร่างกายได้ช้าจึงสามารถใช้เป็นสารให้รสหวานสำหรับ ผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานได้ (Branen *et al*., 2001)

3.4 มอลโตเด็กซ์ครินิ (Maltodextrin)

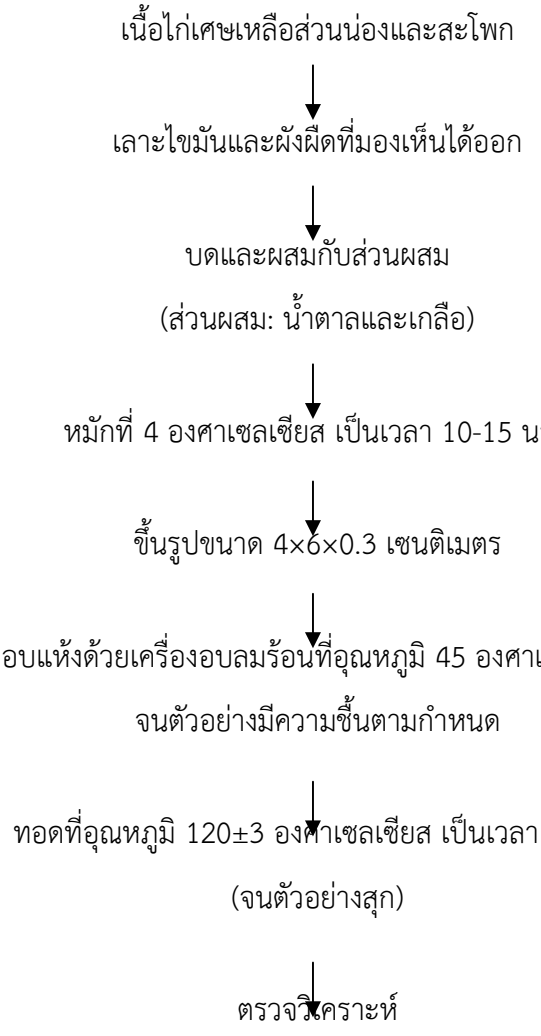
มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นน้ำตาลที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่างโพลีแซ็กคาร์ไรด์และโอลิโกแซกคาร์ไรด์ มีค่า DE ต่ำกว่า 20 จัดเป็น Malto-oligosaccharide ที่สามารถย่อยได้ โดยส่วนใหญ่จะใช้ในรูปแบบผงสีขาว มอลโตเด็กซ์ตรินสามารถละลายในน้ำ มีการประยุกต์ใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นวัตถุเจือปนอาหารมาเป็นเวลากว่า 35 ปี เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินมีคุณสมบัติหลายประการต่ออาหาร เช่น สารเพิ่มปริมาณ (bulking agent) สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน (caking resistance) ช่วยในการเกิดฟิล์ม เป็นตัวเชื่อมให้กับเครื่องปรุงและไขมัน และสามารถช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารได้ เป็นต้น และยังมีการศึกษาการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่น (plasticizer) ให้กับอาหารอีกด้วย (Sadeghi, *et al*., 2008)

3.5 ฟรุกโตโอลิโกแซกคาร์ไรด์

ฟรุกโตโอลิโกแซกคาร์ไรด์ หรือ โอลิโกฟรุกโตสจัดเป็น Non-digestible oligosaccharide มีความหวานประมาณ 30% ของน้ำตาลซูโครส ไม่สามารถถูกย่อยได้โดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ แต่สามารถถูกย่อยได้โดยเชื้อแบคทีเรียปกติในลำไส้ใหญ่ จากคุณสมบัติที่ Fructo-Oligosaccharide ละลายน้ำได้และมีความคงตัวที่อุณหภูมิสูงไม่มีผลข้างเคียงกับระบบประสาทสัมผัส รสชาติหวานเล็กน้อยจึงมีการพัฒนานำไปใช้ในทางอุตสาหกรรมอาหารในลักษณะต่างๆ เช่น สารทดแทนไขมันในครีม สลัดครีม Mousses เนยแข็ง ไอศกรีม สารทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต และ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร จากการรายงานของ Gibson และคณะ (1994) ถึงปริมาณการบริโภคโอลิโกฟรุกโตสที่เหมาะสมในการเป็นพรีไบโอติคต่อสุขภาพ ควรรับประทาน 5-20 กรัม/วัน เป็นเวลา 15 วัน สามารถเพิ่มปริมาณแบคทีเรียชนิด Bifidobacteria และ Lactobacilli ในลำไส้ได้ ในทางตรงกันข้ามการรับประทาน Oligofructose ในปริมาณที่มากกว่า 30 กรัม/วัน จะมีอาการท้องอืด มีแก๊สในกระเพาะมาก

4. การผลิตผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์อิมัลชันนำวัตถุดิบเนื้อไก่เศษเหลือส่วนน่องและสะโพก มาทำการเลาะไขมันและพังผืดที่มองเห็นได้ออก แล้วบดผสมเนื้อผ่านเครื่องบดเนื้อ จากนั้นทำการขึ้นรูปใหม่โดยมีการใช้น้ำตาลน้ำตาลฟรุกโตส น้ำตาลซอร์บิทอลและน้ำตาลมอลโตเด็กซ์ตรินทดแทนในส่วนของน้ำตาลซูโครส เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ให้ดีขึ้นและมีขั้นตอนในการผลิตดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

5. ขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

5.1 การทำแห้งด้วยลมร้อน (hot air drying)

การทำแห้ง (drying) เป็นการลดความชื้นของอาหารเพื่อลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) เป็นการยืดอายุการเก็บอาหารโดยลดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียและ

ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ได้ (Rahman, 2006) การทำแห้งด้วยลมร้อนเป็นวิธีการทำแห้งในตู้ที่มีเครื่องเป่าให้อากาศร้อนเคลื่อนที่รอบอาหารตลอดเวลา ผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสม่ำเสมอและสะอาด (Ramaswamy and Marcotte, 2006) การทำแห้งเนื้อสัตว์เป็นการทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ถูกกำจัดออกไป เนื่องจากความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างอากาศกับผิวหน้าชิ้นเนื้อ น้ำส่วนที่ถูกกำจัดออกไปเป็นน้ำส่วนที่ถูกดึงดูดด้วยแรงตึงผิว (surface force) ซึ่งเป็นน้ำส่วนที่อยู่ไกลที่สุดจากประจุไฟฟ้าของโมเลกุลโปรตีน ส่วนปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ภายหลังจากการทำแห้งจะเป็นพวกน้ำที่ถูกตรึง (bound water) ซึ่งเป็นน้ำส่วนที่อยู่ในโครงสร้างหรือองค์ประกอบของสารอาหารในเนื้อสัตว์ ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถดึงออกมาใช้ประโยชน์หรือใช้ในการดำรงชีวิตได้ และการเอาน้ำออกจากชิ้นเนื้อทำให้ไมโอไฟบริลจับกันหนาแน่นมากขึ้นส่งผลให้เนื้อที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536 และ Hui *et al*., 2001) ระหว่างการทำแห้งผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ซึ่งมีส่วนผสมของน้ำตาลสูงจะเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันและเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างน้ำตาลรีดิวซิงส์กับหมู่อะมิโน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลคล้ำขึ้น (Petter and Hotchkiss, 1995)

5.2 การทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep-Fat Frying)

การทอดเป็นการทำสุกอาหารและเป็นการยืดอายุการเก็บโดยการใช้ความร้อนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์ และลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหารได้ การทอดเป็นการนำชิ้นอาหารใส่ลงในน้ำมันขณะร้อน ผิวนอกของอาหารจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่เป็นส่วนประกอบหลักในอาหารระเหยกลายเป็นไอ ผิวนอกของอาหารจะแห้ง ซึ่งมีลักษณะคล้ายการอบหรือย่าง การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นการถ่ายเทความร้อนทั้งแบบการพาความร้อนในน้ำมันร้อนและการนำความร้อนสู่ภายในอาหาร ผิวอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอ (Fellows, 2000) ระหว่างการทอดผลิตภัณฑ์จะมีความชื้นลดลง จึงส่งผลให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น (Sosa-Morales *et al*., 2006) และผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลซึ่งเกิดได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างน้ำตาลรีดิวซิงส์กับหมู่อะมิโนได้สารสีน้ำตาล และการเกิดคาราเมไลเซชัน (caramelization) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549; Ramirez *et al*., 2004) การเกิดคาราเมลไลเซชันและปฏิกิริยาเมลลาร์ดของน้ำตาลแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน Beura และคณะ (1987) ได้จัดลำดับอัตราการเกิดคาราเมลไลเซชันของน้ำตาลจากมากไปหาน้อยไว้

ดังนี้ ฟรุกโตส > ไซโลส > แลคโตส > มอลโตส > กลูโกล ส่วนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ไซโลส > อะราบิโนส > กลูโคส > มอลโตส > ฟรุกโตส ตามลำดับ (Kwak and Lim, 2004)

6. ผลของปริมาณความชื้นต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังการทำแห้งและทอด

ความชื้นเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารหลังอบและทอด เนื่องจากความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางด้านความคงตัว อายุการเก็บ และคุณลักษณะทางกายภาพของอาหาร (Sikorski, 2007) ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์จะมีการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ลงระหว่างการทำแห้ง (Rahman, 2006) และระหว่างการทอด (Sosa-Morales *et al*., 2006) ซึ่งการลดลงของปริมาณความชื้นทำให้ไมโอไฟบริลจับกันหนาแน่นมากขึ้นส่งผลให้เนื้อที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น (Hui *et al*., 2001) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้น้อยลง ช่วยยืดอายุการเก็บของอาหารได้ (Rahman, 2006; Fellows, 2000) และผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งโดยทั่วไปจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.60-0.90 และมีปริมาณน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 10-50 (Garcia *et al*., 2001; Eskin and Robinson, 2000) เป็นช่วงของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่ผลิตภัณฑ์สามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ได้สูง (Singh and Anderson, 2004)

7. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์จัดเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง (Intermediate moisture meat products) มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.60-0.90 และมีปริมาณน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 10-50 (Garcia *et al*., 2001; Eskin and Robinson, 2000) การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เป็นปัจจัยหลักต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านจากปฏิกิริยาเคมี จุลินทรีย์ (Rao, 1997) และนอกจากนี้ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ยังเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น (Petter and Hotchkiss, 1995) Tan และคณะ (2007) พบว่ากุนเชียงที่มีไขมันเป็นส่วนผสมร้อยละ 20 บรรจุแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีการเกิดออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานาน Kim และคณะ (2010) รายงานว่าเนื้อวัวแห้ง (beef jerky) มีเชื้อแบคทีเรียที่ใช้อากาศทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 4.77 log CFU/g เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเชื้อแบคทีเรียที่ใช้อากาศทั้งหมดจะมีการเจริญเพิ่มมากขึ้น ในการยืดอายุการเก็บจะต้องเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารเก็บไว้ได้นาน ในปัจจุบันการบรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์

ชนิดลามิเนทฟิล์มมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นการนำพลาสติกฟิล์ม 2 ชนิดหรือมากกว่ามาประกบกัน เพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านที่ดีขึ้น และอาจใช้การบรรจุแบบสุญญากาศเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อาหารที่เกิดจากการสัมผัสกับออกซิเจน ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บรักษาได้ (Coles *et al.*, 2003) Kuo และคณะ (1987) พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศจะเกิดการออกซิเดชันไขมันได้ช้ากว่าการบรรจุแบบธรรมดา และไม่มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา และการบรรจุไส้กรอกหมูแบบสุญญากาศสามารถช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่าการบรรจุแบบธรรมดาได้เช่นกัน (Jo *et al*., 2003)

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

1.วัตถุดิบ

1.1 เนื้อไก่เศษเหลือจากการตัดแต่ง

1.2 สารให้ความหวาน 5 ชนิด คือ น้ำตาลซูโครส (บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด, ประเทศไทย) ฟรุกโตส แลกโทส ซอร์บิทอล และมอลโตเด็กว์ตริน (ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไฮซายน์)

1.3 เกลือ (บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด)

1.4 ถุงพลาสติกชนิด Oriented Polypropylene (OPP)

1.4 ถุงพลาสติกชนิด Nylon ผสม LLDPE

2. สารเคมี

2.1 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ (Proximate analysis) (AOAC, 1999)

2.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Rangana, 1997)

2.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ Thiobarbituric Acid (TBA) (Egan *et al*., 1981)

2.4 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ละลายได้ (Liu *et al*., 1996)

3. วัสดุและอุปกรณ์

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตไก่สวรรค์

3.1.1 เครื่องบดเนื้อ (ยี่ห้อ Panasonic รุ่น MK-5086M ประเทศมาเลเซีย)

231.2 เครื่องทำแห้งแบบลมร้อน (คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รหัส อก 850-056/1-1/52)

3.1.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Sartorius รุ่น TE3102S ประเทศเยอรมนี)

3.1.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Mettler Tuledo รุ่น AB204-S ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

3.1.4 นาฬิกาจับเวลา (ยี่ห้อ Canon รุ่น CT-20)

3.1.5 เทอร์โมมิเตอร์ (ยี่ห้อ Line Seiki รุ่น TC 760)

3.1.6 เครื่องทอดควบคุมอุณหภูมิ (ประเทศจีน)

3.1.7 เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติกแบบธรรมดา (ยี่ห้อ Impulse Sealer รุ่น PFS-200)

3.1.8 เครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ (ยี่ห้อ AudioNVac รุ่น 203)

3.1.9 เครื่องครัวต่างๆ

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

3.2.1.1 เครื่องย่อยวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น TT12/A ประเทศเยอรมนี)

3.2.1.2 เครื่องกลั่นวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น VAP20 ประเทศเยอรมนี)

3.2.1.3 เครื่องสกัดไขมัน (ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น EV16 ประเทศเยอรมนี)

3.2.1.4 เครื่องระเหยสุญญากาศ

3.2.1.3 ตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ Binder รุ่น FD115 ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.2.1.4 เตาเผา (ยี่ห้อ FisherScientific รุ่น 550-58 ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.2.1.5 Hot plate (ยี่ห้อ yellow line รุ่น MAG HS7)

3.2.1.6 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น Seven Go SG2-FK2 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

3.2.1.7 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ยี่ห้อ Shimadsu รุ่น UV-1700 PhamaSpec ประเทศญี่ปุ่น)

3.2.1.8 เครื่องโฮโมจิไนส์เซอร์ (ยี่ห้อ Wiggen Hauser รุ่น D-500 ประเทศเยอรมณี)

3.2.1.9 เครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (ยี่ห้อ Sorvall รุ่น RC-5B plus ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.2.2.1 เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT 2i ประเทศอังกฤษ)

3.2.2.2 เครื่องวัดค่าสี (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.2.2.3 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (ยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น Serie ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิธีการ

1. ศึกษาองค์ประกอบเคมีและลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่เศษเหลือ

นำวัตถุดิบเนื้อไก่เศษเหลือจากการตัดแต่งซากส่วนน่องและสะโพก มาทำการเลาะไขมันและพังผืดที่มองเห็นได้ออก แล้วบดละเอียดด้วยเครื่องบดก่อนทำการสุ่มมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพดังนี้

1.1 องค์ประกอบทางโภชนาการ (proximate analysis) (AOAC, 1999) ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า

1.2 ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ละลายได้ (Liu *et al*., 1996)

วิเคราะห์คอลลาเจนที่ละลายน้ำได้ดัดแปลงตามวิธีของ Liu และคณะ (1996) โดยน้ำเนื้อไก่สับละเอียด 2 กรัม มาโฮโมจีไนซ์ในสารละลาย Ringer's solution เจือจาง 4 เท่า ปริมาตร 8 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 77°C เป็นเวลา 70 นาที จากนั้นนำตัวอย่างไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำตะกอนที่ได้ไปโฮโมจีไนซ์ในสารละลายเดิมอีกครั้ง แล้วจึงนำสารละลายใสที่ได้จากทั้งสองครั้งมารวมกัน บันทึกปริมาตร การหาปริมาณไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyproline) โดยนำสารละลายส่วนใสไปย่อยในสารละลาย 6 M HCl ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด โดยนำเนื้อไก่สับละเอียด 5 กรัม ย่อยในสารละลาย 6 M HCl ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เติมคาร์บอนกำมันต์ (ผงถ่าน) ในตัวอย่างภายหลังการย่อยเพื่อให้สารละลายใส หลังจากนั้นนำไปกรองและปรับสารละลายให้เป็นกลางด้วย 10 M และ 1 M NaOH ปรับปริมาตร ให้ได้ 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำมาวิเคราะห์ปริมาณไฮดรอกซีโพรลีนตามวิธีของ Bergman และ Loxley (1963) คำนวณปริมาณคอลลาเจนโดยใช้ค่าตัวแปร (factor) 7.25 รายงานปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในหน่วยเป็นมิลลิกรัมของคอลลาเจนต่อกรัมของเนื้อ ส่วนปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้คำนวณเป็นสัดส่วนเทียบกับปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดของตัวอย่าง (% total collagen)

1.3 ค่าพีเอช (pH)

นำเนื้อไก่มาเติมน้ำกลั่นในอัตราส่วนเนื้อต่อน้ำกลั่น 1:5 ตามวิธี AOAC (1999) จากนั้นนำตัวอย่างไปทำการโฮโมจิไนซ์ที่ความเร็ว 13,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที แล้ววัดพีเอชของเนื้อโดยใช้เครื่องวัดพีเอช

1.4 ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab Colorimeter) รายงานค่าในระบบ CIE ตรวจสอบค่า L*, a*, b*

2. ศึกษาผลของสารให้ความหวานต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

2.1 ศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลซูโครสต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

นำเนื้อไก่บดมาทำการบดผสมกับส่วนผสมของเครื่องหมัก คือเกลือกับน้ำตาลซูโครส โดยมีส่วนผสมของเกลืออยู่ร้อยละ 2 และน้ำตาลซูโครสที่ระดับร้อยละ 20, 25, 30, 35, 40 และ 45 ของน้ำหนักเนื้อ ทำการหมักตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 10 นาที นำเนื้อที่ผ่านการหมักมาขึ้นรูปให้ได้ขนาด 4×6×0.3 เซนติเมตร ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 45°C จนได้ค่าความชื้นที่กำหนด (บันทึกเวลา) จากนั้นนำตัวอย่างมาทำการทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 8 นาทีทำการสะเด็ดน้ำมัน แล้วสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ (ความมันวาว) ความนุ่มเนื้อ สี ความหวาน รสชาติ ความหวาน และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) กำหนดช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-9 โดย 9 หมายถึงชอบมากที่สุด 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และต่ำกว่า 5 หมายถึงผู้ทดสอบไม่ยอมรับ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ซึ่งระดับน้ำตาลซูโครสที่ผู้ให้การยอกรับทางด้านประสาทสัมผัสดีที่สุด เพื่อใช้ในการศึกษาผลของชนิดสารให้ความหวานในตอนต่อไป

2.2 ศึกษาผลของชนิดสารให้ความหวาน

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์เช่นเดียวกับข้อ 2.1 โดยใช้สารให้ความหวานที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำตาลซูโครส ฟรุกโตส ซอร์บิทอล และมอลโตเด็กซ์ตริน ที่ระดับร้อยละ 35 ของน้ำหนักเนื้อ แล้วสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

2.2.1 องค์ประกอบทางโภชนาการ (proximate analysis) (AOAC, 1999) ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า

2.2.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Rangana, 1997) วิธีการดังแสดงในภาคผนวก ข

2.2.3 ค่าพลังงาน

ค่าพลังงานทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คำนวณจากไขมัน 1 กรัมให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี่ โปรตีน 1 กรัมให้พลังงาน 4.02 กิโลแคลอรี่ และคาร์โบไฮเดรต 1 กรัมให้พลังงาน 3.87 กิโลแคลอรี่ (Choi *et al*., 2010)

2.2.4 ค่าสี

นำผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ผ่านการทอด มาตัดให้มีขนาด 3.5×3.5×0.3 เซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น มาทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab Colorimeter) รายงานค่าในระบบ CIE ตรวจสอบค่า L*, a*, b*

2.2.5 ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ

นำผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ผ่านการทอด มาตัดให้มีขนาด 1.5×3.0×0.3 เซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น แล้วทำการวัดค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยใช้ใบมีดแบบ Warner Bratzler Shear Blade (WB-blade) หัววัดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้ load cell 25 กิโลกรัม

2.2.6 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity, a_w)

นำผลิตภัณฑ์หมูสวรรค์อิมัลชันที่ผ่านการทอด มาบดให้ละเอียดและบรรจุลงในตลับพลาสติก แล้วนำไปวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

2.2.7 การวิเคราะห์ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ(ความมันวาว) ความนุ่มเนื้อ สี ความหวาน รสชาติ ความหวาน และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) กำหนดช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-9 โดย 9 หมายถึงชอบมากที่สุด 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และต่ำกว่า 5 หมายถึงผู้ทดสอบไม่ยอมรับ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

2.2.8 ปริมาณผลผลิต (%yield)

ทำการคัดเลือกชนิดของสารให้ความหวานที่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ได้ดีที่สุด เพื่อศึกษาใช้ศึกษาผลของอัตราส่วนสารให้ความหวานในตอนต่อไป

2.3 ศึกษาผลของอัตราส่วนสารให้ความหวาน

ทำการเตรียมตัวอย่างไก่สวรรค์เช่นเดียวกับข้อ 2.1 โดยใช้สารให้ความหวานแบบผสม ซึ่งมีอัตราส่วนของสารให้ความหวานระหว่าง ซูโครส : ฟรุกโตส : มอลโตเด็กซ์ตริน และ ซูโครส : ฟรุกโตส : ซอร์บิทอล ในอัตราส่วน 70:15:15, 60:20:20 และ 50:25:25 ซึ่งมีน้ำตาลทั้งหมดในสูตรร้อยละ 35 และกำหนดให้สูตรที่ใช้สารให้ความหวานชนิดเดียวที่มีคุณภาพดีที่สุดและได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2.2 เป็นสูตรควบคุม จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างหลังทอดมาทำการวิเคราะห์ ดังนี้

2.3.1 องค์ประกอบทางโภชนาการ (proximate analysis) (AOAC, 1999) ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต

2.3.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Rangana, 1997) เช่นเดียวกับข้อ 2.2.2

2.3.3 ค่าพลังงาน เช่นเดียวกับข้อ 2.2.3

2.3.4 ค่าสี เช่นเดียวกับข้อ 2.2.4

2.3.5 ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ เช่นเดียวกับข้อ 2.2.5

2.3.6 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity, a_w) เช่นเดียวกับข้อ 2.2.6

2.3.7 การวิเคราะห์ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 2.2.7

2.3.8 ปริมาณผลผลิต (%yield)

ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรที่ดีที่สุดของแต่ละอัตราส่วนของสารให้ความหวานระหว่าง ซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน และ ซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล แล้วทำการเปรียบเทียบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรที่ดีที่สุดของแต่ละอัตราส่วน โดยใช้สูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสอย่างเดียวเป็นสูตรควบคุม ทำการคัดเลือกหาอัตราส่วนของน้ำตาลที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการศึกษาผลของความชื้นก่อนทอดต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

3. ศึกษาผลของความชื้นก่อนทอดต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการคัดเลือกอัตราส่วนของสารให้ความหวานจากข้อ 2.3 มาศึกษาหาความชื้นหลังอบแห้งที่เหมาะสมด้วยวิธี AOAC (1999) โดยนำตัวอย่างมาผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ได้ความชื้นที่แตกต่างกัน 4 ช่วง คือร้อยละ 15-20 20-25 30-35 และ 40-45 จากนั้นทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 8 นาทีแล้วทำการสะเด็ดน้ำมันโดยการใช้กระดาษซับมัน สุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปศึกษาทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการศึกษาในตอนที่ 2.3

ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรที่มีคุณภาพดีที่สุดเพื่อนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาในตอนต่อไป

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

ทำการเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบและสูตรการหมักตามสูตรที่ผ่านการคัดเลือกจากการศึกษาตอนที่ 3 แล้วทำการศึกษาสภาวะการบรรจุตัวอย่างที่แตกต่างกัน 2 สภาวะ คือ จัดเรียงตัวอย่างในถาดรองรับแล้วบรรจุถุงพลาสติกชนิด Oriented Polypropylene (OPP) ปิดผนึกแบบสภาวะปกติ (ชุดควบคุม) และการบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศโดยนำชิ้นตัวอย่างบรรจุแยกชิ้นในถุงพลาสติกชนิด Nylon ผสม LLDPE ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ทำการเก็บรักษาตัวอย่างทั้งสองชุดที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการสุ่มตัวอย่างตามหลักสถิติเพื่อทำการวิเคราะห์ที่วันแรกในการเก็บรักษาและทุก 7 วัน เป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยทำการวิเคราะห์ค่าดังนี้

4.1 ค่า Thiobarbituric acid (TBA) (Egan *et al*., 1981)

นำตัวอย่าง 10 กรัม มาบดละเอียดในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที เทลงในขวดกลั่น แล้วใช้น้ำกลั่นปริมาณ 47.5 มิลลิลิตร ชะตัวอย่างลงไปในขวดกลั่น เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 4 นอร์มอล ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร ลงไปในขวดกลั่น แล้วเติมสารป้องกันการเกิดฟองและใส่ลูกแก้ว 3-4 เม็ด กลั่นให้ได้ของเหลวปริมาตร 50 มิลลิลิตร ภายในเวลา 10 นาที ดูดสารที่กลั่นได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดฝาเกลียว เติมสารละลายกรดไธโอบาร์บิทูริกปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าและให้ความร้อน

ด้วยน้ำเดือด เป็นเวลา 35 นาที ทำแบลงค์ด้วยวิธีเดียวกัน โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทนสารที่กลั่นได้ นำตัวอย่างและแบลงค์ที่เย็นแล้ว ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 538 นาโนเมตร คำนวณหาค่า Thiobarbituric acid

4.2 ค่าสี เช่นเดียวกับข้อ 2.2.4

4.3 ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ เช่นเดียวกับข้อ 2.2.5

4.4 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity, a_w) เช่นเดียวกับข้อ 2.2.6

4.5 การวิเคราะห์ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ(ความมันวาว) กลิ่นหืน ความนุ่มเนื้อ สี ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) กำหนดช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-9 โดย 9 หมายถึงชอบมากที่สุด 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และต่ำกว่า 5 หมายถึงผู้ทดสอบไม่ยอมรับ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Designs, CRD) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ สำหรับวิเคราะห์ทางเคมีและ 10 ซ้ำ สำหรับวิเคราะห์ทางกายภาพ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Designs, RCBD) ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan’s Multiple Range test (DMRT) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.5

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่เศษเหลือ

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่เศษเหลือที่ผ่านการเลาะไขมันและพังผืดที่มองเห็นได้ออก แสดงผลดังตารางที่ 1 พบว่าเนื้อไก่เศษเหลือมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับการศึกษาของ Heerden และคณะ (2002) ซึ่งพบว่าเนื้อไก่มีความชื้นร้อยละ 74.01 ไขมันร้อยละ 2.91 โปรตีนร้อยละ 23.29 และเถ้าร้อยละ 1.11 แต่ตัวอย่างเนื้อไก่เศษเหลือมีปริมาณไขมันต่ำกว่าเนื่องจากผ่านกระบวนการเลาะไขมันที่มองเห็นได้ออกก่อนนำมาแปรรูป ส่วนปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดของไก่เศษเหลือมีค่าเท่ากับ 8.77 mg g-1 muscle ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดของส่วนเนื้ออกของไก่พื้นเมืองและไก่ไข่ปลดระวางซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.27 และ 7.47 mg g-1 muscle ตามลำดับ แต่มีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดต่ำกว่าของส่วนเนื้อสะโพกของไก่พื้นเมืองและไก่ไข่ปลดระวางซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.33 และ 13.11 mg g-1 muscle ตามลำดับ (เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์ และคณะ, 2552) ซึ่งปริมาณคอลลาเจนที่อยู่ในส่วนของ perimysium และ endomysium จะส่งผลต่อความเหนียวของเนื้อ (Sakakibara *et al*., 2000) ส่วนค่าพีเอชของเนื้อไก่เศษเหลือมีค่าเท่ากับ 6.89 ซึ่งค่าพีเอชของเนื้อจะลดลงหลังจากสัตว์ตาย เนื่องมาจากกระบวนการ postmortem metabolism ของเนื้อ (Lee *et al*., 2008) ซึ่งค่าพีเอชจะมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ ความนุ่มเนื้อ รสชาติ และปริมาณจุลินทรีย์ (Rao *et al*., 1989) ส่วนทางด้านค่าสีพบว่าเนื้อไก่เศษเหลือจะมีค่า L* ใกล้เคียงกับเนื้อส่วนอกของไก่พื้นเมืองซึ่งมีค่าเท่ากับ 59.47 แต่จะมีค่า a* และ b* สูงกว่า แสดงว่าเนื้อไก่เศษเหลือจะมีความเป็นสีแดงที่สูงกว่าซึ่งเหมาะสมต่อการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่จะเคยชินกับลักษณะของผลิตภัณฑ์หมูสวรรค์ซึ่งจะเป็นสีน้ำตาลแดงและมีความมันวาวที่ผิว (สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม, 2549)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่เศษเหลือ

องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ		ไก่เศษเหลือ
โปรตีน (%)		21.52±0.15
ไขมัน (%)		0.66±0.06
เถ้า (%)		0.65±0.09
ความชื้น (%)		75.96±0.10
คอลลาเจนทั้งหมด (mg g-1 muscle)		8.77±0.26
คอลลาเจนที่ละลายได้ (% ของคอลลาเจนทั้งหมด)		14.20±2.12
pH		6.89±0.00
ค่าสี	L*	59.68±0.69
	a*	8.38±0.44
	b*	20.16±0.38

ข้อมูลในคอลัมน์แสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, n=3

2. การศึกษาผลของสารให้ความหวานต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

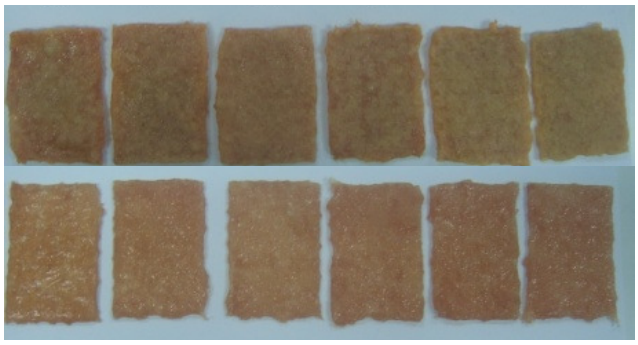
2.1 ศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลซูโครสต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

จากการศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสที่ระดับร้อยละ 20, 25, 30, 35, 40 และ 45 ของน้ำหนักเนื้อทั้งหมดต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ ทางด้านลักษณะปรากฏ (ความมันวาว) ความนุ่มเนื้อ สี ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) (ตารางที่ 2) พบว่าทุกระดับของน้ำตาลซูโครสผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ (ความวาว) และสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เนื่องจากในทุกระดับของน้ำตาลที่ใช้จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีและลักษณะปรากฏ (ความวาว) ที่ใกล้เคียงกันดังแสดงในภาพที่ 2 ส่วนทางด้านความหวานผลิตภัณฑ์ที่มีระดับน้ำตาลซูโครสในช่วงร้อยละ 20 ถึง 35 มีคะแนนความชอบด้านความหวานเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีการใช้น้ำตาลซูโครสที่สูงกว่าร้อยละ 35 ผลิตภัณฑ์เริ่มมีคะแนนความชอบด้านความหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวม โดยผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่มีระดับน้ำตาลซูโครสร้อยละ 35 จะมีคะแนนความชอบในทุกลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่มีระดับน้ำตาลซูโครสร้อยละ 35 เพื่อใช้ในการศึกษาผลของชนิดสารให้ความหวานในตอนต่อไป

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณน้ำตาลซูโครสต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ปริมาณซูโครส (%)	ลักษณะปรากฏ (ความวาว)	ความนุ่มเนื้อ	สี	ความหวาน	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
20	6.77±1.25^{a}	5.57±1.87^{c}	6.53±1.33^{a}	6.00±1.32^{b}	6.33±1.32^{ab}	6.13±1.48^{b}
25	6.73±1.28^{a}	6.90±1.37^{ab}	6.93±1.23^{a}	6.70±1.02^{a}	6.93±1.17^{a}	6.87±1.28^{ab}
30	6.50±1.31^{a}	6.90±1.37^{ab}	6.70±1.09^{a}	6.97±1.10^{a}	6.80±1.19^{ab}	6.73±1.23^{ab}
35	7.07±1.48^{a}	7.47±1.22^{a}	6.93±1.28^{a}	7.20±1.27^{a}	6.87±1.53^{a}	7.10±1.45^{a}
40	6.90±0.76^{a}	6.20±1.32^{bc}	6.63±0.96^{a}	6.60±0.86^{ab}	6.57±1.14^{ab}	6.60±0.89^{ab}
45	7.17±0.87^{a}	6.50±1.14^{b}	6.60±1.16^{a}	6.03±1.38^{b}	6.10±1.45^{b}	6.20±1.42^{b}

$^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสแตกต่างกัน

2.2 ผลของชนิดสารให้ความหวานต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ผลของชนิดสารให้ความหวานได้แก่ น้ำตาลซูโครส ฟรุกโตส ซอร์บิทอล แลคโตส และมอลโตเด็กซ์ตริน ต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลแลคโตสเป็นสารให้ความหวานมีปริมาณไขมันและโปรตีนสูงสุด จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าพลังงานสูงกว่าการใช้สารให้ความหวานชนิดอื่น ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้น้ำตาลฟรุกโตสเป็นสารให้ความหวานผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันและโปรตีนต่ำ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าพลังงานต่ำ ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงเมื่อทำการวิเคราะห์ปรากฏว่าไม่พบในผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสและ

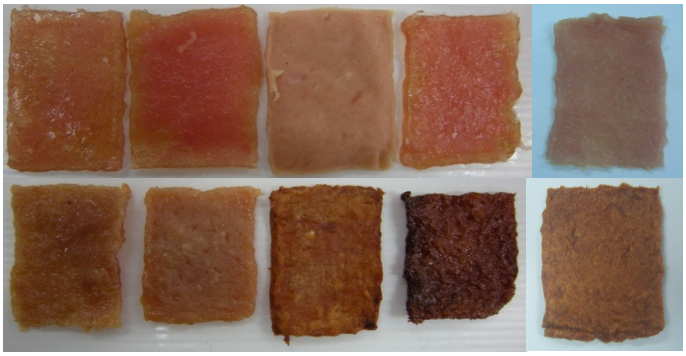
น้ำตาลซอร์บิทอลเป็นสารให้ความหวานเนื่องจากน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวส์ซิงที่ได้จากการไฮโดรไลซิสซูโครสระหว่างการทอดเกิดปฏิกิริยากับกรดอะมิโนได้เป็นสารสีน้ำตาลจนหมด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลระหว่างการทอด (Jaeger *et al*., 2010) ส่วนน้ำตาลซอร์บิทอลจัดเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ได้จากปฏิกิริยารีดักชันของน้ำตาลอิสระทำให้หมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ (-CHO) ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซีเมททิล (-CH_2OH) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) เมื่อนำผลิตภัณฑ์ทุกสูตรมาทดสอบทางด้านกายภาพ (ตารางที่ 3) พบว่าการใช้น้ำตาลแลคโตสเป็นสารให้ความหวานจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงที่สุด รองลงมาคือ ซูโครส ซอร์บิทอล ฟรุกโทส และมอลโตเด็กซ์ตริน ตามลำดับ ซึ่งค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เป็นปัจจัยหลักต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งทางด้านปฏิกิริยาเคมีและจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา (Rao, 1997) นอกจากนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลแลคโตสเป็นสารให้ความหวานจะมีปริมาณความชื้นต่ำสุด (P<0.05) แต่กลับมีค่าวอเตอร์แอคตอวิตี้สูงที่สุด (P<0.05) อาจมีสาเหตุมาจากน้ำตาลแลคโตสมีความสามารถในการละลายต่ำกว่าน้ำตาลชนิดอื่นเช่น ซูโครส ฟรุกโตส และเด็กซ์โตส (Burrington, 2003) จึงเกิดอันตรกิริยากับน้ำได้น้อย ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้น้ำตาลแลคโตสเป็นสารให้ความหวานมีปริมาณน้ำอิสระเหลืออยู่สูงกว่าการใช้น้ำตาลชนิดอื่น นอกจากนี้น้ำตาลแลคโตสยังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L* และ b* สูงสุด (P<0.05) เนื่องจากน้ำตาลแลคโตสมีการละลายต่ำทำให้มีการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อของผลิตภัณฑ์ได้ต่ำจึงทำให้เกิดอันตรกิริยาระหว่างน้ำตาลกับโปรตีนน้อย เมื่อให้ความร้อนด้วยการทอดทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ และมีผลึกของน้ำตาลแลคโตสเกาะอยู่ที่ผิวด้านนอก ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ได้จึงมีลักษณะขุ่นทึบไม่มันวาวเหมือนกับการผลิตภัณฑ์สูตรอื่น Burrington (2003) กล่าวไว้ว่าหากใช้น้ำตาลแลคโตสที่ความเข้มข้นที่สูง จะเกิดผลึกของน้ำตาลแลคโตสขึ้นส่งผลให้อาหารมีเนื้อสัมผัสเป็นเม็ดทราย (sandy texture) ส่วนการใช้น้ำตาลซูโครสและซอร์บิทอลผลิตภัณฑ์จะมีค่า L* a* และ b* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\geq$0.05) ดังภาพที่ 3 แต่เมื่อใช้น้ำตาลฟรุกโตสผลิตภัณฑ์จะมีค่า L* และ b* (P<0.05) ต่ำสุดแต่มีค่า a* สูงกว่าการใช้น้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอล และแลคโตส แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลฟรุกโตสเป็นสารให้ความหวานจะมีลักษณะสีแดงคล้ำ เนื่องจากน้ำตาลฟรุกโตสจัดเป็นน้ำตาลรีดิวส์ซิง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549; Roe and Faulks, 1991; Nezzal *et al.*, 2009) ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล (Ramirez *et al.*, 2004) ส่วนน้ำตาลซูโครสจัดเป็นน้ำตาลนอนรีดิวส์ซิง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549; Roe and Faulks, 1991; Nezzal *et al.*, 2009) แม้น้ำตาลซูโครสจะสามารถไฮโดรไลซิสระหว่างการทอดได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส

ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวส์ซิงสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ (Jaeger *et al*., 2010) แต่อาจจะเกิดได้ไม่มากนักเช่นเดียวกับน้ำตาลซอร์บิทอลซึ่งเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์สามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดในผลิตภัณฑ์ได้น้อยมากในทุกช่วงของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Davies and Labuza, 2003; Kim and Lee, 2003) นอกจากนี้พบว่าการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารให้ความหวานผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์จะมีค่า a* และ b* สูงที่สุด ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์นี้ เมื่อทดสอบค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลฟรุกโตสและแลคโตสมีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) ในขณะที่การใช้น้ำตาลซูโครสและซอร์บิทอลผลิตภัณฑ์จะมีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อต่ำสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) เนื่องจากซอร์บิทอลมีคุณสมบัติในกับยับยั้งการเสียสภาพของโปรตีนและซอร์บิทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซีที่สามารถเกิดอัตรกริยากับน้ำช่วยลดการสูญเสียน้ำได้ (Baek *et al*., 2004; Iseya, *et al*., 2000) แต่การใช้น้ำตาลมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารให้ความหวานจะไม่สามารถวัดค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อของผลิตภัณฑ์ได้เพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะมีเนื้อสัมผัสกรอบและแตกง่าย และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic scale (ตารางที่ 4) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสและน้ำตาลซอร์บิทอลเป็นสารให้ความหวานสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)เมื่อเทียบกับน้ำตาลชนิดอื่นๆ สำหรับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลฟรุกโตส มีคะแนนการยอมรับต่ำมากในเรื่องสี ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี L* ที่ต่ำที่สุด รวมทั้งมีค่า a* ที่สูงมากในการใช้น้ำตาลชนิดนี้เมื่อใช้น้ำตาลแลคโตส คะแนนการยอมรับในทุกลักษณะอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงไม่ชอบปานกลาง ส่วนการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด โดยมีคะแนนด้านความนุ่มเนื้อและรสชาติของผลิตภัณฑ์ในระดับไม่ชอบมากถึงมากที่สุด ซึ่งแสดงว่าผู้ทดสอบไม่ยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสหากมีการใช้น้ำตาลทั้งสามชนิดเป็นสารให้ความหวานหลักโดยเฉพาะแลกโตสและมอลโตเด็กซ์ตริน

ตารางที่ 3 ผลของชนิดสารให้ความหวานต่อองค์ประกอบทางเคมี โภชนาการและลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ค่าวิเคราะห์	ชนิดของสารให้ความหวาน				
	ซูโครส	ฟรุกโทส	ซอร์บิทอล	แลคโตส	มอลโตเด็กซ์ตริน
ความชื้น (%)	20.17±0.09^{c}	23.48±0.46^{a}	20.79±0.23^{b}	15.56±0.05^{d}	20.75±0.23^{b}
ไขมัน (%)	3.95±0.17^{b}	3.56±0.06^{c}	2.99±0.16^{d}	8.99±0.05^{a}	3.00±0.18^{d}
เถ้า (%)	2.09±0.02^{b}	2.02±0.02^{c}	2.03±0.03^{c}	2.26±0.02^{a}	2.08±0.02^{b}
โปรตีน (%)	24.14±0.16^{c}	23.80±0.17^{c}	24.83±0.22^{b}	28.59±0.43^{a}	23.92±0.22^{c}
คาร์โบไฮเดรต (%)	49.65±0.25^{a}	47.14±0.68^{b}	49.36±0.51^{a}	44.60±0.43^{c}	50.25±0.75^{a}
น้ำตาลรีดิวส์ซิง (%)	ND	36.85±1.20	ND	24.24±0.52	5.01±0.02
น้ำตาลทั้งหมด (%)	44.71±0.36	42.67±0.33	ND	28.03±0.14	26.13±0.21
ค่าพลังงาน (kcal/100g)	330.70±0.60^{b}	315.84±1.65^{d}	323.66±1.03^{c}	373.68±0.48^{a}	323.68±1.12^{c}
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)	0.69±0.01^{b}	0.59±0.02^{d}	0.61±0.02^{c}	0.74±0.01^{a}	0.57±0.02^{e}
ผลผลิต (%yield)	57.86±1.29^{a}	51.94±0.66^{cd}	55.40±0.39^{b}	52.05±0.70^{c}	50.57±1.21^{d}
ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (kg)	1.46±0.28^{b}	2.19±0.31^{a}	1.31±0.14^{b}	2.41±0.23^{a}	NT
ค่าสี L*	43.40±1.71^{b}	27.91±1.80^{c}	43.65±0.85^{b}	54.03±2.19^{a}	40.46±2.84^{b}
a*	2.52±0.41^{d}	11.43±1.36^{b}	2.76±0.63^{d}	7.59±1.27^{c}	18.05±1.48^{a}
b*	15.52±1.25^{b}	10.98±2.25^{c}	14.46±0.75^{b}	25.38±2.93^{a}	27.03±2.89^{a}

$^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), ND = วิเคราะห์ไม่พบ, NT= ไม่ได้ทำการวิเคราะห์



ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้สารให้ความหวานแต่ละชนิด

ตารางที่ 4 ผลของชนิดสารให้ความหวานต่อต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ความชอบ	ชนิดน้ำตาล				
	ซูโครส	ฟรุกโทส	ซอร์บิทอล	แลคโตส	มอลโตเด็กซ์ตริน
ลักษณะปรากฏ (ความวาว)	6.97±1.00[a]	5.13±1.48[b]	6.53±0.90[a]	3.83±1.23[c]	4.00±1.02[c]
ความนุ่มเนื้อ	6.77±1.07[a]	5.27±1.51[b]	6.53±1.04[a]	3.40±1.54[c]	1.20±0.54[d]
สี	6.97±1.10[a]	2.08±1.45[b]	6.70±1.12[a]	3.67±1.40[c]	3.96±1.21[c]
ความหวาน	6.43±0.86[a]	4.40±1.40[b]	6.70±0.92[a]	3.40±1.45[c]	1.69±0.83[d]
รสชาติ	6.60±0.97[a]	4.47±1.48[b]	6.70±0.79[a]	3.37±1.54[c]	3.21±1.23[c]
ความชอบโดยรวม	6.87±1.01[a]	4.37±1.30[b]	6.63±0.76[a]	3.33±1.52[c]	2.98±1.54[c]

[a-d] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้ซอร์บิทอลเป็นสารให้ความหวานช่วยลดปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ได้ ช่วยลดค่าพลังงานและให้ผลผลิตผลิตภัณฑ์ในระดับสูง รวมทั้งช่วยลดค่า a_w . ในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังให้ลักษณะปรากฏและลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสชุดควบคุม นอกจากนี้น้ำตาลซอร์บิทอลยังช่วยเรื่องความนุ่มเนื้อ (Baek *et al*., 2004; Iseya, *et al*., 2000) และถูกดูดซึมเข้าร่างกายได้ช้าจึงเป็นสารให้รสหวานทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน (Branen *et al*., 2001) สำหรับน้ำตาล ฟรุกโตสช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีค่าพลังงานต่ำ และเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีดำคล้ำ ในการใช้จึงไม่ควรใช้ในปริมาณสูง แต่ถ้าเลือกใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

อาจช่วยเพิ่มสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์ซึ่งมีลักษณะสีซีดได้ การใช้น้ำตาลฟรุกโตสยังมีผลดีในการช่วยลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ได้มากเมื่อเทียบกับสารให้ความหวานชนิดอื่น ส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินมีจุดเด่นในการลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ได้มากที่สุด รวมทั้งช่วยลดปริมาณแคลอรี่และให้ค่าสีแดงและสีเหลืองในผลิตภัณฑ์สูงกว่าสารให้ความหวานชนิดอื่น แม้จะมีข้อเสียเรื่องเนื้อสัมผัสและความหวาน แต่อาจช่วยปรับปรุงทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ได้สำหรับแลกโตสมีปัญหาในเรื่องการละลายและตกผลึกแยกตัวจากผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์สูงกว่าสารให้ความหวานชนิดอื่น รวมทั้งให้ค่าแคลอรี่สูงที่สุดด้วยจึงไม่เลือกใช้น้ำตาลแลกโตสในการศึกษาตอนต่อไป

2.3 ผลของอัตราส่วนของสารให้ความหวานต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

การศึกษาอัตราส่วนสารให้ความหวานโดยใช้ซูโครสเป็นสารให้ความหวานพื้นฐาน เนื่องจากเป็นน้ำตาลที่มีการใช้กันโดยทั่วไปในผลิตภัณฑ์อาหารและราคาไม่แพงจึงใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานหลักแล้วลดสัดส่วนโดยใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นทดแทนจึงทำการกำหนดอัตราส่วนของสารให้ความหวานโดยเลือกใช้น้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอล ฟรุกโทส และมอลโตเด็กซ์ตริน โดยกำหนดอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน และ ซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล ในอัตราส่วน 70:15:15, 60:20:20 และ 50:25:25 โดยมีสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานชนิดเดียวเป็นสูตรควบคุม ตารางที่ 5 แสดงผลการทดลองทางด้านองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์ที่ระดับอัตราส่วนของน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ที่ระดับอัตราส่วนสารให้ความหวานต่างกันมีผลต่อความแตกต่างของปริมาณความชื้น ไขมัน และปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์หลังทอดมากที่สุด โดยที่อัตราส่วนของน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน เท่ากับ 70:15:15 มีผลให้ปริมาณความชื้นหลังทอดสูงกว่าระดับอื่น ($P<0.05$) .ในขณะที่มีปริมาณไขมันละปริมาณน้ำตาลต่ำ ($P<0.05$) แสดงถึงที่อัตราส่วนดังกล่าวมีการดูดซับน้ำมันในระหว่างทอดต่ำกว่าสูตรอื่นๆรวมทั้งมีการสูญเสียน้ำตาลในระหว่างการทอดสูง การใช้สูตรน้ำตาลผสมมีผลลดปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียน้ำตาลในระหว่างการทอดโดยสอดคล้องกับปริมาณผลผลิตผลิตภัณฑ์ที่ลดลง ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวาน อัตราส่วนผสมที่มีการเพิ่มสัดส่วนน้ำตาลฟรุกโตสซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวส์ซิงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) เมื่ออัตราส่วนน้ำตาลที่ใช้ในผลิตภัณฑ์มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์จึงทำให้ปริมาณแคลอรี่ในผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยอัตราส่วนซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน เท่ากับ 70:15:15 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าพลังงานต่ำกว่าชุดควบคุมและที่ระดับอัตราส่วนอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการมีปริมาณไขมันและน้ำตาลที่ต่ำกว่าสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

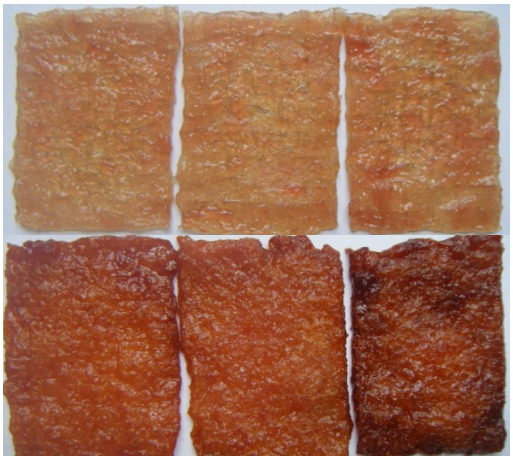
ตารางที่ 5 ผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ต่อองค์ประกอบทางเคมี โภชนาการ และลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ค่าวิเคราะห์	อัตราส่วนซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน			35%ซูโครส
	70:15:15	60:20:20	50:25:25	(สูตรควบคุม)
ความชื้น (%)	22.20±0.03^{a}	19.58±0.08^{d}	20.65±0.19^{b}	20.17±0.09^{c}
ไขมัน (%)	3.18±0.06^{c}	4.11±0.14^{a}	3.55±0.21^{b}	3.95±0.17^{a}
เถ้า (%)	4.05±0.01^{b}	4.08±0.01^{b}	4.23±0.04^{a}	4.09±0.02^{b}
โปรตีน (%)	24.34±0.44^{b}	24.98±0.38^{a}	25.35±0.23^{a}	24.14±0.16^{b}
คาร์โบไฮเดรต (%)	46.21±0.13^{b}	47.26±0.22^{a}	46.25±0.44^{b}	47.65±0.25^{a}
น้ำตาลรีดิวส์ซิง (%)	6.71±0.07^{c}	8.81±0.07^{b}	11.81±0.22^{a}	ND
น้ำตาลทั้งหมด (%)	37.09±0.35^{c}	39.38±1.26^{b}	35.95±0.24^{d}	43.25±0.46^{a}
ค่าพลังงาน (kcal/100g)	310.87±0.36^{d}	325.95±0.41^{a}	318.19±1.38^{c}	322.71±0.60^{b}
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)	0.72±0.01^{a}	0.63±0.02^{c}	0.68±0.01^{b}	0.69±0.03^{b}
ผลผลิต (%yield)	54.77±1.06^{b}	53.56±0.91^{b}	54.19±0.49^{b}	56.93±1.59^{a}
ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (kg)	1.72±0.24^{ns}	1.99±0.20^{ns}	1.71±0.24^{ns}	1.76±0.29^{ns}
ค่าสี L*	35.97±2.34^{b}	27.16±3.00^{d}	29.98±2.05^{c}	44.10±1.62^{a}
a*	11.56±2.05^{ab}	10.70±1.99^{b}	12.96±1.70^{a}	2.65±0.45^{c}
b*	18.25±1.69^{a}	10.94±2.70^{d}	12.98±2.59^{c}	15.54±1.35^{b}

$^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ND = วิเคราะห์ไม่พบ

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างทุกอัตราส่วนของสารให้ความหวานมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.63-0.72 สอดคล้องกับปริมาณความชื้นของแต่ละตัวอย่าง การใช้อัตราส่วนสารให้ความหวานไม่มีผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อของผลิตภัณฑ์ (P≥0.05) อย่างไรก็ตามอัตราส่วนสารให้ความหวานมีผลต่อความแตกต่างของค่าสีของผลิตภัณฑ์อย่างเห็นได้ชัดเจน โดยผลิตภัณฑ์จะมีค่า L* ลดลงเมื่อลดปริมาณน้ำตาลซูโครสในสูตรลง การใช้น้ำตาลฟรุกโตสซึ่งเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a* สูงขึ้น แต่มีค่า b* ลดลง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น (Ramirez *et al.*, 2004) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรควบคุม (ซูโครส ร้อยละ 35) จะมีค่า L* สูงสุด แต่มีค่า a* ต่ำสุด (P<0.05) ดังตารางที่ 5 การเพิ่มอัตราส่วนน้ำตาลฟรุกโตสและมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่อัตราส่วนสารให้ความหวานระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน

ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 6พบว่าการใช้สารให้ความหวานผสมมีผลเพิ่มคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านความนุ่มเนื้อถึงแม้ว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันแต่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลผสมมีคะแนนสูงกว่าสูตรควบคุม ($P \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาการยอมรับในด้านลักษณะสีของผลิตภัณฑ์พบว่า การใช้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน เท่ากับ 70:15:15 ให้คะแนนการยอมรับสีของผลิตภัณฑ์สูงที่สุด ($P<0.05$) ส่วนที่ระดับอื่นๆคะแนนการยอมรับน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แสดงถึงการใช้ฟรุกโตสและมอลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับสูงเกินไปจะมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มคล้ำเกินไปไม่เป็นที่ยอมรับ การใช้อัตราส่วนน้ำตาลซูโครส:ฟรุกโตส:มอลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับ 70:15:15มีผลให้คะแนนการยอมรับด้านสี ลักษณะปรากฏ รสชาติ ความหวาน และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีคะแนนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลที่ได้แสดงถึงอัตราส่วนดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์และช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆให้ดีกว่าชุดควบคุม

ตารางที่ 6 ผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ความชอบ	อัตราส่วนซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน			35%ซูโครส
	70:15:15	60:20:20	50:25:25	(สูตรควบคุม)
ลักษณะปรากฏ(ความวาว)	7.50±0.78[a]	6.47±1.17[b]	6.53±1.17[b]	6.23±1.22[b]
ความนุ่มเนื้อ	6.10±1.12[ns]	5.80±1.58[ns]	5.87±1.48[ns]	5.33±1.81[ns]
สี	7.67±0.80[a]	5.63±1.67[b]	5.57±1.52[b]	5.70±1.60[b]
ความหวาน	7.03±0.72[a]	6.30±1.24[b]	6.27±1.05[b]	6.33±1.15[b]
รสชาติ	7.20±0.71[a]	6.33±1.27[b]	6.07±1.34[b]	6.03±1.43[b]
ความชอบโดยรวม	7.27±0.69[a]	6.30±1.37[b]	6.20±1.24[b]	5.77±1.43[b]

[a-b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[ns] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

สำหรับผลการศึกษาอัตราส่วนผสมสารให้ความหวานระหว่างซูโครส : ฟรุกโทส :ซอร์บิทอลต่อองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์แสดงดังตารางที่ 7 พบว่าการใช้ซอร์บิทอลและฟรุกโตสช่วยลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($P<0.05$) ที่อัตราส่วนสารให้ความหวานต่างกันมีผลให้เกิดความแตกต่างเพียงเล็กน้อยต่อค่าความชื้น ปริมาณเถ้า และไม่มีผลต่อความแตกต่างของปริมาณโปรตีนจากสูตรควบคุม ($P\geq0.05$) การใช้น้ำตาลผสมช่วยลดปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม โดยที่ระดับอัตราส่วนซูโครส : ฟรุกโทส :ซอร์บิทอล เท่ากับ 70:15:15 ให้ผลปริมาณน้ำตาลทั้งหมดน้อยที่สุด ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงพบเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลมีค่าต่ำกว่าการใช้ร่วมกับมอลโตเด็กซ์ตริน เนื่องจากซอร์บิทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์จึงไม่มีผลเพิ่มน้ำตาลรีดิวส์ซิงในผลิตภัณฑ์ การใช้สารให้ความหวานผสมมีผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าพลังงานแคลอรี่ที่ลดลงจากสูตรควบคุมซึ่งเป็นผลจากที่ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อัตราส่วนซูโครส : ฟรุกโทส :ซอร์บิทอล เท่ากับ 60:20:20 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าพลังงานต่ำสุด ระดับอัตราส่วนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตผลิตภัณฑ์ การใช้ฟรุกโตสร่วมกับซอร์บิทอลทดแทนน้ำตาลซูโครสมีผลให้ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ลดลงตามอัตราการใช้ที่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามการใช้สารให้ความหวานผสมไม่มีผลให้เกิดความแตกต่างทางด้านค่าแรงตัดผ่านเนื้อของผลิตภัณฑ์ ($P\geq0.05$) เช่นเดียวกับการใช้มอลโตเด็กซ์ตริน ค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์ที่ใช้สารให้ความหวานผสมมีค่า L* ลดลง ในขณะที่ค่า a* เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการทดแทนปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการลดลงของค่า L* และ b* ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลมีค่าลดลงน้อยกว่า

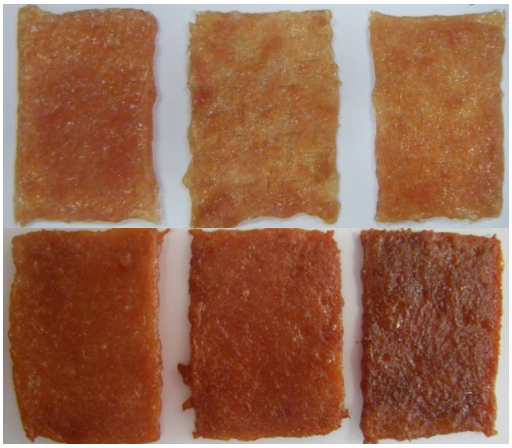
เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้มอลโตเด็กซ์ตรินซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงที่พบน้อยกว่าในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล จึงมีผลต่อปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่น้อยกว่า จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นเมื่อมีการใช้สัดส่วนน้ำตาลฟรุกโตสและซอร์บิทอลเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเทียบกับภาพที่ 4 การใช้ฟรุกโตสร่วมกับมอลโตเด็กซ์ตรินจะให้สีน้ำตาลที่เข้มกว่าแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่สูงกว่า

ตารางที่ 7 ผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล ต่อองค์ประกอบทางเคมี โภชนาการ และลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ค่าวิเคราะห์	อัตราส่วนซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล			35%ซูโครส
	70:15:15	60:20:20	50:25:25	(สูตรควบคุม)
ความชื้น (%)	20.65±0.10^{b}	21.07±0.11^{a}	20.31±0.19^{b}	20.17±0.09^{b}
ไขมัน (%)	3.24±0.22^{b}	2.12±0.01^{c}	2.11±0.12^{c}	3.95±0.17^{a}
เถ้า (%)	3.82±0.04^{c}	3.92±0.05^{c}	4.18±0.19^{a}	4.09±0.02^{b}
โปรตีน (%)	23.63±0.88^{ns}	23.93±0.29^{ns}	24.21±0.10^{ns}	24.14±0.16^{ns}
คาร์โบไฮเดรต (%)	48.66±1.16^{a}	48.96±0.41^{a}	49.19±0.23^{a}	47.65±0.25^{b}
น้ำตาลรีดิวส์ซิง (%)	6.09±0.03^{c}	7.90±0.06^{b}	9.56±0.09^{a}	ND
น้ำตาลทั้งหมด (%)	38.05±0.38^{b}	35.03±0.39^{c}	32.97±0.20^{d}	43.25±0.46^{a}
ค่าพลังงาน (kcal/100g)	318.32±0.86^{b}	310.67±0.57^{d}	312.60±0.84^{c}	322.71±0.60^{a}
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)	0.65±0.00^{b}	0.64±0.00^{c}	0.61±0.00^{d}	0.69±0.03^{a}
ผลผลิต (%yield)	55.32±0.81^{b}	55.55±0.51^{b}	54.81±0.40^{b}	56.93±1.59^{a}
ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (kg)	1.80±0.22^{ns}	1.70±0.25^{ns}	1.93±0.29^{ns}	1.76±0.29^{ns}
ค่าสี L*	34.58±2.58^{b}	35.81±3.04^{b}	30.97±1.64^{c}	44.10±1.62^{a}
a*	10.90±2.00^{a}	11.77±1.90^{a}	11.75±1.50^{a}	2.65±0.45^{b}
b*	16.80±2.85^{a}	17.19±2.14^{a}	12.54±2.20^{b}	15.54±1.35^{b}

$^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥0.05), ND = วิเคราะห์ไม่พบ



ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่อัตราส่วนสารให้ความหวานระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล

ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์เตรียมจากสารให้ความหวานผสมระหว่างซูโครส ฟรุกโตส และซอร์บิทอลที่อัตราส่วนต่างกันเทียบกับตัวอย่างควบคุมแสดงดังตารางที่ 8 พบว่าการใช้ที่อัตราส่วนผสม 70:15:15 และ 60:20:20 จะมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความหวาน และความชอบโดยรวมสูงกว่าชุดควบคุมที่ใช้น้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับทางด้านเนื้อสัมผัสแม้ว่าอัตราส่วนน้ำตาลไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อผลิตภัณฑ์ แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้อัตราส่วนผสมของซูโครส ฟรุกโตส และซอร์บิทอลที่ระดับ 70:15:15 มีคะแนนการยอมรับด้านความนุ่มเนื้อสูงกว่าตัวอย่างที่ระดับอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งที่ระดับอัตราส่วนสารให้ความหวานดังกล่าวมีคะแนนการยอมรับในทุกลักษณะของผลิตภัณฑ์สูงที่สุด

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน และอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล เป็นสารให้ความหวาน ที่อัตราส่วน 70:15:15 จะมีค่า L* มีต่ำกว่าแต่มีค่า a* และ b* สูงกว่าสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะสีน้ำตาลแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นคุณภาพที่ดีสำหรับผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ นอกจากนี้อัตราส่วนดังกล่าวยังให้ค่าพลังงานแคลอรี่และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ต่ำ และเมื่อทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงที่สุดทั้งในด้านสี ลักษณะปรากฏ รสชาติ ความหวาน ความนุ่มเนื้อ และโดยเฉพาะความชอบโดยรวม จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน และอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล เป็นสารให้ความหวาน ที่อัตราส่วน 70:15:15 มาทำการ

เปรียบเทียบคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสโดยมีผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรที่ใช้น้ำซูโครสร้อยละ 35 เป็นสูตรควบคุม

ตารางที่ 8 ผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล ต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ความชอบ	อัตราส่วนซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล			35%ซูโครส
	70:15:15	60:20:20	50:25:25	(สูตรควบคุม)
ลักษณะปรากฏ(ความวาว)	7.07±0.98[a]	6.83±0.87[ab]	6.40±1.13[b]	6.60±1.04[ab]
ความนุ่มเนื้อ	6.77±1.04[a]	6.33±1.21[ab]	5.87±1.48[b]	6.23±1.25[ab]
สี	7.10±1.18[a]	6.80±1.03[a]	6.13±1.25[b]	5.40±1.33[c]
ความหวาน	6.97±1.19[a]	6.77±1.07[ab]	6.30±0.95[b]	6.37±1.03[b]
รสชาติ	7.10±0.92[a]	6.90±0.80[a]	6.03±1.13[b]	6.13±1.07[b]
ความชอบโดยรวม	7.13±0.82[a]	6.77±0.86[a]	5.97±1.10[b]	6.00±1.02[b]

[a- c] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 9 แสดงผลทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน และอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล เป็นสารให้ความหวาน ที่ 70:15:15 โดยมีผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรที่ใช้น้ำซูโครสร้อยละ 35 เป็นสูตรควบคุม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านความนุ่มเนื้อในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$) ส่วนทางด้านลักษณะปรากฏ (ความวาว) สี ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวมผู้ทดสอบจะให้คะแนนไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสมทั้งสองสูตรสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารให้ความหวานผสมทั้งสองสูตรมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีด้านปริมาณไขมัน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และค่าพลังงานแคลอรี่ในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซูโครสผสม ฟรุกโทสและมอลโตเด็กซ์ตรินจะมีค่าต่ำกว่า (ตารางที่ 5) ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพผู้บริโภคมากกว่า อีกทั้งเมื่อพิจารณาด้านต้นทุนการผลิตการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินจะมีราคาถูกกว่าซอร์บิทอล โดยมีราคากิโลกรัมละ 40 บาท เมื่อเทียบกับซอร์บิทอลมีราคากิโลกรัมละ 50 บาท ซึ่งจะมีผลให้ต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต่ำกว่า ดังนั้นจึงทำการคัดเลือกสูตรที่ใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ที่ 70:15:15 เพื่อไปศึกษาผลของความชื้นก่อนทอดต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ต่อไป

ตารางที่ 9 ผลของอัตราส่วนของสารให้ความหวานต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ความชอบ	อัตราส่วนน้ำตาล		35%ซูโครส
	70:15:15S	70:15:15M	(สูตรควบคุม)
ลักษณะปรากฏ(ความวาว)	7.27±1.01[a]	7.23±0.94[a]	6.40±1.19[b]
ความนุ่มเนื้อ	6.67±1.57[ns]	6.03±1.38[ns]	5.80±1.79[ns]
สี	7.50±0.82[a]	7.13±1.17[a]	5.20±1.61[b]
ความหวาน	7.17±0.83[a]	7.03±1.22[a]	6.33±1.40[b]
รสชาติ	7.10±1.06[a]	7.20±1.06[a]	5.97±1.16[b]
ความชอบโดยรวม	7.20±1.00[a]	7.07±1.11[a]	5.80±1.21[b]

[a-b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[ns] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

S = อัตราส่วนซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล, M=อัตราส่วนซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน

3. ผลของความชื้นก่อนทอดต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

เมื่อทำการศึกษาผลของความชื้นก่อนทอดที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 15-20 20-25 30-35 และ 40-45 ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15 โดยมีสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสที่ร้อยละ 35 เป็นสูตรควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์ที่เตรียมจากความชื้นก่อนทอดที่ระดับร้อยละ 40-45มีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับตามลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อสวรรค์ โดยมีการพองตัวของผลิตภัณฑ์ขณะทอดเนื่องจากความชื้นสูงเกินไปก่อให้เกิดลักษณะ puffing ซึ่งไม่ใช่ลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์จึงไม่นำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างชุดดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์

สำหรับผลของระดับความชื้นก่อนทอดผลิตภัณฑ์ต่อองค์ประกอบทางเคมีและโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสมซึ่งคำนวณบนฐานน้ำหนักเปียกและแห้งแสดงดังตารางที่ 10 และ 11 ตามลำดับ เมื่อผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์มีระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้นจะส่งผลให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ภายหลังการทอดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับปริมาณไขมันที่มีค่าสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณเมื่อระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อทำการทอดอาหารในน้ำมันร้อนๆ และผิวหน้าของอาหารจะสัมผัสกับน้ำมันทุกส่วนทำให้น้ำที่อยู่ภายในอาหารเกิดการระเหยอย่างรวดเร็ว (Ramaswamy and Marcotte, 2006) เกิดเป็นท่อแคปิลารี่ขนาดต่างๆ เมื่อนำอาหารไปทอด น้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากแคปิลารี่ แล้วท่อแคปิลารี่จะถูกแทนที่ด้วยน้ำมันในระหว่างการทอด

(วิไล รังสาดทอง, 2546) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่มีการอบแห้งน้อยเพื่อให้มีปริมาณความชื้นก่อนทอดสูงจะเกิดทอแคปิลารี่จากการระเหยของน้ำระหว่างการทอดมากกว่า จึงมีปริมาณไขมันสูงกว่าเช่นกัน แต่ตรงกันข้ามกับปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตโดยเฉพาะปริมาณน้ำตาลจะมีปริมาณลดลงเมื่อความชื้นก่อนทอดสูงขึ้น (P<0.05) ปริมาณโปรตีนจะลดลงมากที่สุดที่ระดับความชื้นในช่วงร้อยละ 20-30 ซึ่งโปรตีนที่ละลายน้ำได้จะเกิดการสูญเสียไปกับน้ำในระหว่างการทอด สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อปริมาณความชื้นก่อนทอดเพิ่มสูงขึ้น แสดงถึงการละลายออกของน้ำตาลผสมในระหว่างการทอด เมื่อปริมาณน้ำตาลและโปรตีนในผลิตภัณฑ์ลดลงตามปริมาณความชื้นก่อนทอดส่งผลให้ค่าพลังงานแคลอรี่ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเมื่อระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้น เนื่องจากในผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์มีองค์ประกอบของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่มีระดับความชื้นก่อนทอดสูงไปผ่านการทอดพบว่าผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตลดลง จากการสูญเสียไปกับน้ำระหว่างการทอดของโปรตีนที่ละลายน้ำและน้ำตาล จึงส่งผลให้ค่าพลังงานลดลง

ตารางที่ 10 ผลของความชื้นก่อนทอดต่อองค์ประกอบทางเคมีและโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรสารให้ความหวานผสม[1]

องค์ประกอบทางเคมี (ฐานน้ำหนักเปียก)	ความชื้นก่อนทอด			
	15-20 %	20-25 %	25-30 %	30-35 %
ความชื้น (%wb)	14.60±0.07^{d}	15.72±0.17^{c}	17.46±0.10^{b}	20.99±0.08^{a}
ไขมัน (%wb)	3.18±0.06^{c}	3.33±0.01^{b}	3.38±0.02^{ab}	3.39±0.02^{a}
เถ้า (%wb)	4.51±0.04^{a}	4.37±0.03^{b}	4.24±0.03^{c}	4.03±0.03^{d}
โปรตีน (%wb)	26.04±0.37^{a}	21.88±0.55^{c}	21.51±0.29^{c}	23.13±0.11^{b}
คาร์โบไฮเดรต (%wb)	51.67±0.42^{c}	54.70±0.66^{a}	53.41±0.34^{b}	48.45±0.18^{d}
น้ำตาลรีดิวส์ชิง (%wb)	7.24±0.09^{a}	7.11±0.05^{b}	7.13±0.05^{b}	6.98±0.05^{c}
น้ำตาลทั้งหมด (%wb)	40.69±0.30^{a}	39.52±0.56^{b}	37.07±0.43^{c}	35.82±0.40^{d}
ค่าพลังงาน (kcal/100g)	333.25±0.60^{a}	329.63±0.54^{b}	323.59±0.18^{c}	311.05±0.35^{d}

$^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥0.05)

[1] สารให้ความหวานผสม:น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15 ที่ระดับร้อยละ 35

ตารางที่ 11 ผลของความชื้นก่อนทอดต่อองค์ประกอบทางเคมีและโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรสารให้ความหวานผสม[1]

องค์ประกอบทางเคมี (ฐานน้ำหนักแห้ง)	ความชื้นก่อนทอด			
	15-20 %	20-25 %	25-30 %	30-35 %
ความชื้น (% db)	17.09±0.09[d]	18.65±0.24[c]	21.16±0.14[b]	26.56±0.12[a]
ไขมัน (% db)	3.72±0.06[d]	3.95±0.01[c]	4.10±0.03[b]	4.30±0.01[a]
เถ้า (% db)	5.29±0.04[a]	5.18±0.04[b]	5.13±0.04[b]	5.11±0.03[b]
โปรตีน (% db)	30.49±0.43[a]	25.96±0.65[c]	26.06±0.35[c]	29.28±0.14[b]
คาร์โบไฮเดรต (% db)	60.50±0.41[b]	64.90±0.69[a]	64.71±0.37[a]	61.32±0.18[b]
น้ำตาลรีดิวส์ซิง (% db)	8.48±0.10[c]	8.44±0.05[c]	8.65±0.06[b]	8.83±0.06[a]
น้ำตาลทั้งหมด (% db)	47.65±0.35[a]	46.89±0.67[a]	44.91±0.52[b]	45.33±0.51[b]
ค่าพลังงาน (kcal/100g)	324.07±0.75[a]	318.92±0.79[b]	310.17±0.30[c]	290.87±0.55[d]

[a-d] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1] สารให้ความหวานผสม:น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15 ที่ระดับร้อยละ 35

ตารางที่ 12 และ 13 แสดงผลของปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ก่อนทอดต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครส ซึ่งให้ผลการทดลองในทิศทางเดียวกับสูตรสารให้ความหวานผสม โดยปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่หลังทอดจะมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์สูตรน้ำตาลซูโครสจะมีค่าสูงกว่าสูตรสารให้ความหวานผสม และไม่ได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นก่อนทอด ซึ่งอาจสอดคล้องกับการสูญเสียปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าสูตรสารให้ความหวานผสม จึงมีผลให้ไขมันถูกดูดซับเข้าไปแทนที่ในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อความชื้นก่อนทอดเพิ่มขึ้น($P<0.05$) แต่เมื่อคำนวณในฐานน้ำหนักแห้งพบว่าปริมาณน้ำตาลแทบไม่แตกต่างกันในช่วงความชื้นก่อนทอดร้อยละ 15-35 แสดงถึงน้ำตาลซูโครสสูญเสียไประหว่างการทอดน้อยกว่าสูตรสารให้ความหวานผสม จึงมีผลให้ปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสสูงกว่าจากผลการศึกษาในตอนที่ผ่านมา (ตารางที่ 5) เมื่อการสูญเสียน้ำตาลน้อยกว่า ดูดซับไขมันมากกว่าจึงส่งผลให้ค่าพลังงานแคลอรี่ของผลิตภัณฑ์สูตรน้ำตาลซูโครสสูงกว่าสูตรสารให้ความหวานผสม และมีค่าพลังงานลดลงตามปริมาณความชื้นก่อนทอดที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 12 ผลของความชื้นก่อนทอดต่อองค์ประกอบทางเคมีและโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครส ที่ร้อยละ 35

องค์ประกอบทางเคมี (ฐานน้ำหนักเปียก)	ความชื้นก่อนทอด			
	15-20 %	20-25 %	25-30 %	30-35 %
ความชื้น (% wb)	13.65±0.05^{d}	15.95±0.11^{c}	17.59±0.05^{b}	21.64±0.26^{a}
ไขมัน (% wb)	3.94±0.17^{ns}	4.06±0.01^{ns}	4.03±0.01^{ns}	4.07±0.01^{ns}
เถ้า (% wb)	4.60±0.03^{a}	4.47±0.05^{b}	4.35±0.06^{c}	4.09±0.04^{d}
โปรตีน (% wb)	25.07±0.46^{a}	20.89±0.36^{c}	20.18±0.30^{d}	22.62±0.09^{b}
คาร์โบไฮเดรต (% wb)	52.73±0.46^{c}	54.63±0.29^{a}	53.85±0.29^{b}	47.57±0.29^{d}
น้ำตาลรีดิวส์ซิง (% wb)	ND	ND	ND	ND
น้ำตาลทั้งหมด (% wb)	46.42±0.39^{a}	44.89±0.00^{b}	42.88±0.33^{c}	42.31±0.32^{c}
ค่าพลังงาน (kcal/100g)	340.34±0.88^{a}	331.92±0.69^{b}	325.81±0.12^{c}	311.69±1.00^{d}

$^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥0.05)

ND = วิเคราะห์ไม่พบ

ตารางที่ 13 ผลของความชื้นก่อนทอดต่อองค์ประกอบทางเคมีและโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครส ที่ร้อยละ 35

องค์ประกอบทางเคมี (ฐานน้ำหนักแห้ง)	ความชื้นก่อนทอด			
	15-20 %	20-25 %	25-30 %	30-35 %
ความชื้น (% db)	15.81±0.07^{d}	18.98±0.16^{c}	21.34±0.08^{b}	27.62±0.43^{a}
ไขมัน (% db)	4.57±0.20^{c}	4.82±0.01^{b}	4.89±0.01^{b}	5.19±0.01^{a}
เถ้า (% db)	5.33±0.04^{a}	5.31±0.06^{ab}	5.28±0.07^{ab}	5.21±0.05^{b}
โปรตีน (% db)	29.05±0.53^{a}	24.82±0.43^{b}	24.47±0.36^{b}	28.80±0.12^{a}
คาร์โบไฮเดรต (% db)	61.04±0.60^{b}	65.05±0.40^{a}	65.36±0.41^{a}	60.80±0.07^{b}
น้ำตาลรีดิวส์ซิง (% db)	ND	ND	ND	ND
น้ำตาลทั้งหมด (% db)	53.80±0.45^{a}	53.34±0.00^{a}	52.00±0.40^{b}	53.88±0.41^{a}
ค่าพลังงาน (kcal/100g)	332.96±1.04^{a}	321.45±0.92^{b}	312.74±0.15^{c}	291.81±0.01^{d}

$^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ND = วิเคราะห์ไม่พบ

สำหรับผลของความชื้นก่อนทอดต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ทั้ง 2 สูตร คือ สูตรสารให้ความหวานผสม (น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15) และสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) แสดงดัง ตารางที่ 14 และ15 พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) สูงขึ้นตามปริมาณความชื้น ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามที่ระดับความชื้นก่อนทอดสูงร้อยละ 30-35 ผลิตภัณฑ์หลังทอดที่ได้ทั้งสองสูตรยังมีค่า a_w ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง ($a_w \leq 0.80$) โดยสูตรสารให้ความหวานผสมให้ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าสูตรน้ำตาลซูโครส ซึ่งอาจเป็นผลจากน้ำตาลฟรุกโตสและมอลโตเด็กซ์ตรินช่วยเพิ่มความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากกว่า ส่วนค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้นในผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตร เนื่องจากเมื่อระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีส่วนของปริมาณน้ำอิสระเพิ่มมากขึ้นค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) จึงสูงขึ้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เป็นปัจจัยหลักต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งเกิดได้จากปฏิกิริยาเคมี จุลินทรีย์ (Rao, 1997) ดังนั้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่สูงขึ้นอาจจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้นลง (Candogan and Kolsarici, 2003) ส่วนทางด้านค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นหลังทอดสูงขึ้นจะมีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มลง Yang และคณะ (2009) กล่าวว่า ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อที่สูงขึ้นของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้ง (jerky meat) จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ต่ำในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการเอาน้ำออกจากชิ้นเนื้อทำให้ไมโอไฟบริลจับกันหนาแน่นมากขึ้นส่งผลให้เนื้อที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น (Hui *et al*., 2001) และเมื่อปริมาณความชื้นหลังทอดสูง ผลิตภัณฑ์จะมีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อลดต่ำลง เนื่องจากน้ำในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะมีผลต่อความนุ่มเนื้อ เมื่อผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำสูงจะส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์นุ่มขึ้นได้ (Youssef *et al*., 2007) ส่วนทางด้านค่าสีพบว่าผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสมจะมีค่า L* สูงขึ้นแต่มีค่า a* ลดลงตามระดับความชื้นก่อนทอดที่สูงขึ้น แต่ระดับความชื้นก่อนทอดไม่มีผลต่อค่า b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$) (ตารางที่ 14 และภาพที่ 6) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระดับความชื้นมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์มีผลต่อการสะท้อนของค่าสี (Ozkan *et al*., 2003) ส่วนตัวอย่างสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) จะมีค่า L* a* และ b* ลดลงเมื่อระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้น ($P<0.05$) (ตารางที่ 15) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะลักษณะสีซีดลงตามระดับความชื้นที่เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 7

ตารางที่14 ผลของความชื้นก่อนทอดต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรสูตรสารให้ความหวานผสม[1]

ลักษณะทางกายภาพ		ความชื้นก่อนทอด			
		15-20 %	20-25 %	25-30 %	30-35 %
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)		0.57±0.00^{d}	0.60±0.00^{c}	0.63±0.00^{b}	0.70±0.00^{a}
ผลผลิต (%yield)		52.49±0.39^{b}	53.41±0.34^{b}	54.42±0.64^{a}	54.44±0.58^{a}
ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (kg)		3.82±0.56^{a}	2.53±0.35^{b}	2.20±0.26^{b}	1.72±0.16^{c}
ค่าสี	L*	34.39±1.06^{c}	36.59±2.24^{b}	39.79±3.79^{a}	39.08±1.64^{a}
	a*	15.14±1.06^{a}	14.77±0.83^{a}	11.07±1.21^{b}	9.60±0.91^{c}
	b*	19.22±2.89^{ns}	20.46±2.92^{ns}	21.03±2.53^{ns}	19.72±1.62^{ns}

$^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

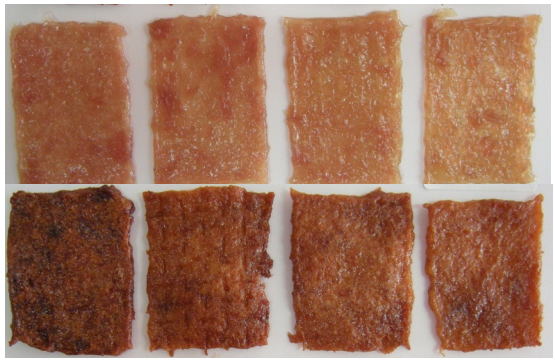
^{ns} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

[1] สารให้ความหวานผสม:น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15 ที่ระดับร้อยละ 35

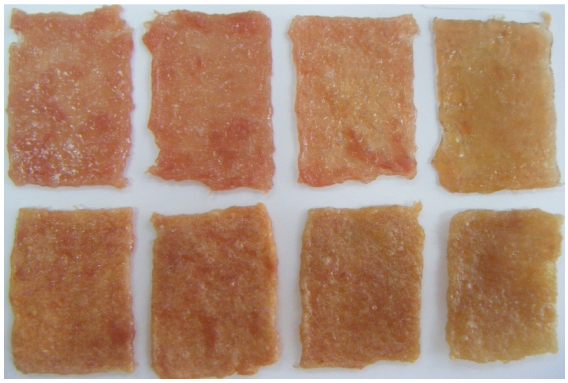
ตารางที่ 15 ผลของความชื้นก่อนทอดต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครส ที่ร้อยละ 35

ลักษณะทางกายภาพ		ความชื้นก่อนทอด			
		15-20 %	20-25 %	25-30 %	30-35 %
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)		0.58±0.00^{d}	0.65±0.00^{c}	0.66±0.00^{b}	0.72±0.00^{a}
ผลผลิต (%yield)		52.49±0.39^{b}	53.41±0.34^{b}	54.42±0.64^{a}	54.44±0.58^{a}
ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (kg)		3.06±0.40^{a}	2.12±0.23^{b}	1.66±0.20^{c}	1.52±0.15^{c}
ค่าสี	L*	48.87±1.50^{a}	41.52±1.00^{b}	40.21±2.53^{b}	38.32±1.54^{c}
	a*	6.40±0.69^{a}	5.38±0.49^{b}	4.83±0.79^{b}	3.50±0.52^{c}
	b*	22.63±1.07^{a}	17.55±0.44^{b}	16.37±1.43^{c}	13.57±1.32^{d}

$^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรสารเหความหวานผสมทมระดบความชนกอนทอดแตกต่างกัน



ภาพที่ 7 ผลิตภัณฑ์ไกสวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครสที่มีระดับความชื้นก่อนทอดแตกต่างกัน

ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสมในทุกคุณลักษณะผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบสูงขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้น ($P<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่มีระดับความชื้นก่อนทอดในช่วงร้อยละ 30-35 มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด โดยเฉพาะความชอบโดยรวม (ตารางที่ 16) ส่วนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนทางด้านสี ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวมที่ทุกระดับความชื้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$) แต่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ (ความวาว) ในสูตรที่มีระดับความชื้นก่อนทอดในช่วงร้อยละ 20-25 สูงสุด แต่ทางด้านความนุ่มเนื้อสูตรที่มีระดับความชื้นก่อนทอดในช่วงร้อยละ 30-35 มีคะแนนความชอบสูงสุด (ตารางที่ 17)

ดังนั้นระดับความชื้นก่อนทอดที่ร้อยละ 30-35 จึงเป็นระดับความชื้นที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ เนื่องจากระดับความชื้นที่ร้อยละ 30-35 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตรมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมสูงที่สุด

ตารางที่ 16 ผลของความชื้นก่อนทอดต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรสารให้ความหวานผสม[1]

ความชอบ	ความชื้นก่อนทอด			
	15-20 %	20-25 %	25-30 %	30-35 %
ลักษณะปรากฏ (ความวาว)	5.70±1.70^{b}	6.13±1.33^{b}	7.30±0.75^{a}	7.60±0.72^{a}
ความนุ่มเนื้อ	4.03±1.61^{d}	4.80±1.54^{c}	5.70±1.21^{b}	6.47±1.11^{a}
สี	4.53±1.91^{c}	5.53±1.55^{b}	7.33±0.80^{a}	7.83±0.70^{a}
ความหวาน	5.57±1.38^{b}	6.17±1.18^{b}	6.87±1.04^{a}	7.07±1.17^{a}
รสชาติ	5.33±1.37^{c}	6.07±1.31^{b}	6.87±0.90^{a}	7.13±1.04^{a}
ความชอบโดยรวม	4.80±1.37^{c}	5.53±1.41^{b}	6.77±0.94^{a}	7.27±0.98^{a}

$^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[1] สารให้ความหวานผสม:น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15 ที่ระดับร้อยละ 35

ตารางที่ 17 ผลของความชื้นก่อนทอดต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครส ที่ร้อยละ 35

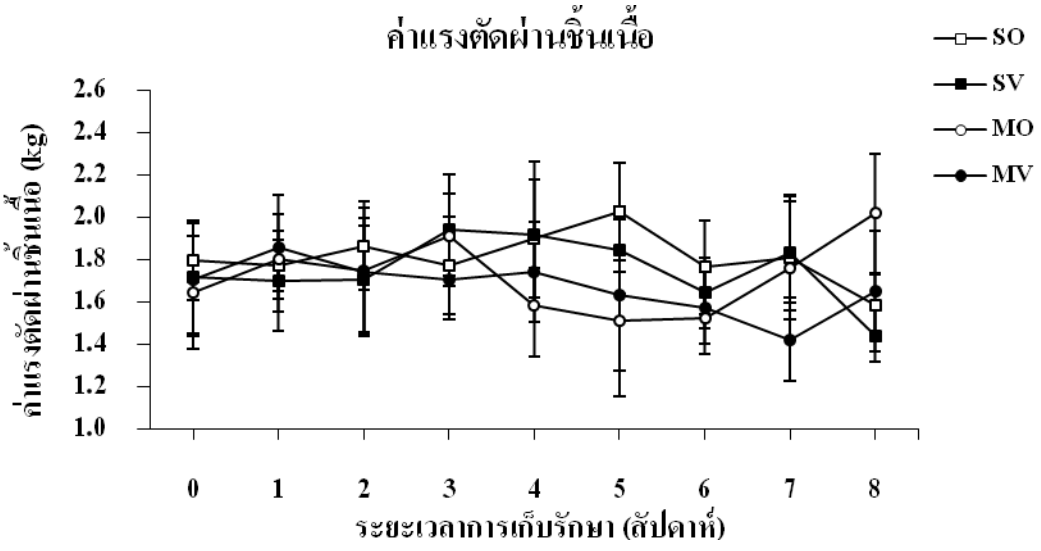
ความชอบ	ความชื้นก่อนทอด			
	15-20 %	20-25 %	25-30 %	30-35 %
ลักษณะปรากฏ (ความวาว)	6.90±1.21^{bc}	7.13±0.94^{a}	6.73±1.17^{bc}	6.33±1.27^{c}
ความนุ่มเนื้อ	4.90±1.60^{c}	5.27±1.39^{c}	6.00±1.26^{b}	6.83±1.02^{a}
สี	6.80±1.61^{ns}	6.87±1.41^{ns}	6.10±1.49^{ns}	6.00±1.76^{ns}
ความหวาน	6.47±1.17^{ns}	6.90±1.16^{ns}	6.43±1.10^{ns}	6.83±1.23^{ns}
รสชาติ	6.57±1.30^{ns}	7.00±1.05^{ns}	6.33±1.42^{ns}	6.53±1.46^{ns}
ความชอบรวม	6.03±1.38^{ns}	6.37±1.27^{ns}	6.27±0.87^{ns}	6.60±1.10^{ns}

$^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq$0.05)

4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

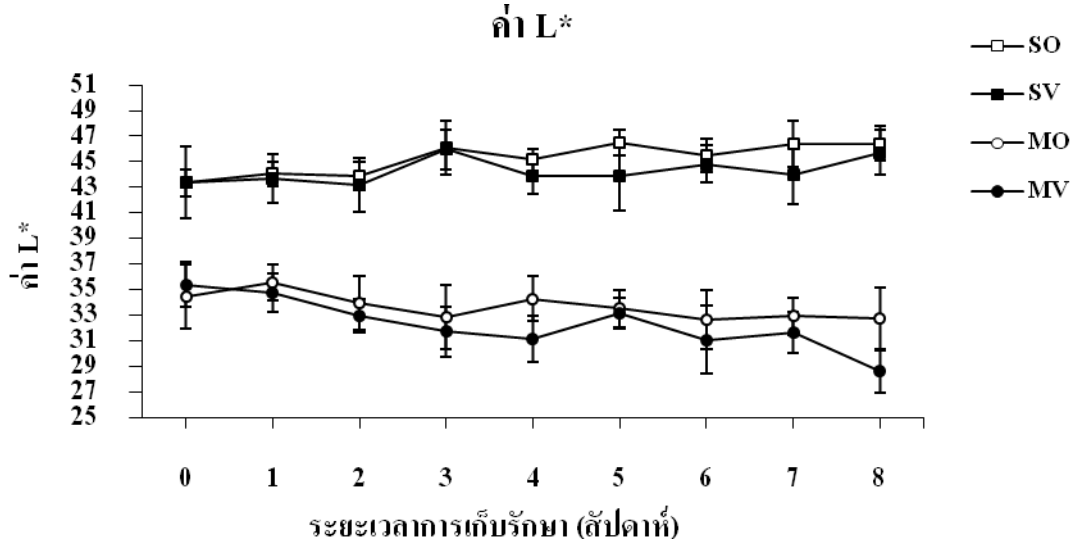
เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ 2 สูตร คือ สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35%) และสูตรสารให้ความหวานผสม (น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15) ที่มีการควบคุมความชื้นก่อนทอดให้อยู่ในช่วงร้อยละ 30-35 และบรรจุตัวอย่างแตกต่างกัน 2 สภาวะ คือ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Oriented Polypropylene (OPP) ปิดผนึกแบบสภาวะมีอากาศปกติ และบรรจุแยกชิ้นในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LLDPE ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 เดือน เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น พบว่า ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลซูโครส มีค่าเพิ่มสูงขึ้น (P<0.05) ในช่วง 5 สัปดาห์แรกสำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสภาวะมีอากาศ และมีค่าเพิ่มขึ้น (P<0.05) ในช่วง 3 สัปดาห์แรกสำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารให้ความหวานผสมบรรจุแบบมีอากาศมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเพิ่มขึ้นในช่วง 3 สัปดาห์แรก แล้วมีค่าลดต่ำลงในระหว่างการเก็บรักษาแล้วค่อยเพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเก็บรักษาแบบสุญญากาศพบว่ามีผลให้ผลิตภัณฑ์ชนิดใช้สารให้ความหวานผสมไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

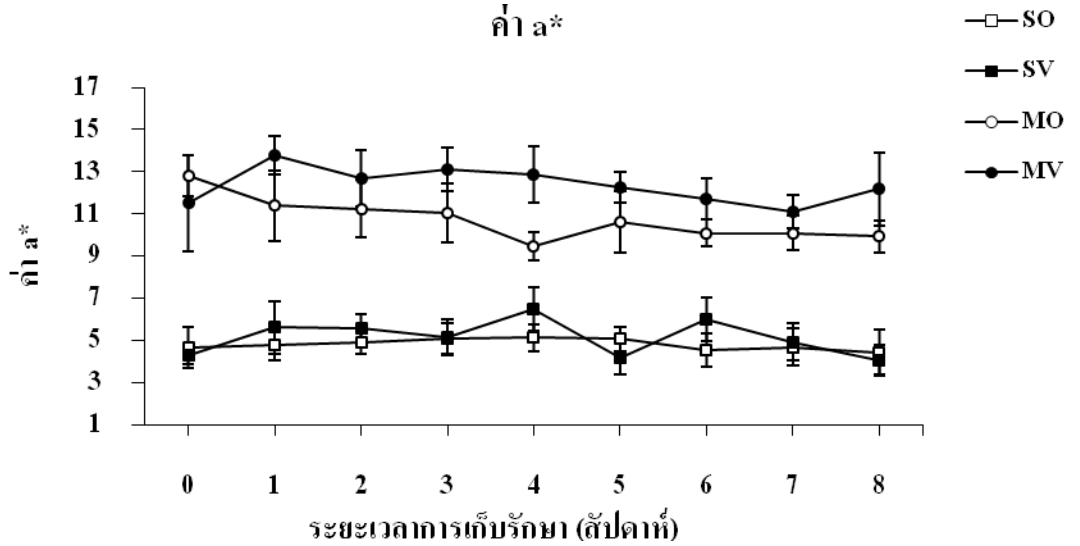
S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 9 พบว่าผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานทั้งที่บรรจุแบบปกติและบรรจุแบบสุญญากาศ ค่า L* มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ค่า L* ของผลิตภัณฑ์สารให้ความหวานแบบผสมมีค่าลดลงในช่วง 3-4 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ($P<0.05$) ค่า a* ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารให้ความหวานผสมมีแนวโน้มลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ในขณะที่ ค่า a* ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 10) การบรรจุแบบสุญญากาศมีผลให้ค่า a* ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารให้ความหวานผสมสูงกว่าการบรรจุแบบมีอากาศ ค่า a* ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้สารให้ความหวานผสมจะมีค่า a* สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสตลอดอายุการเก็บรักษาซึ่งเป็นผลจากชนิดน้ำตาลฟรุกโตสที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่สูงกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสเพียงชนิดเดียว ภาพที่ 11 แสดงผลค่าสี b* เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า b* ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสมีค่าเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ส่วนค่า b* ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารให้ความหวานผสมมีค่าลดลง โดยเฉพาะชุดตัวอย่างที่มีการเก็บรักษาแบบมีอากาศ จากผลการศึกษาที่ได้เห็นได้ชัดว่าการใช้สารให้ความหวานผสมมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา โดยมีค่า a* เพิ่ม ค่า L* และ b* ลดลง แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากสูตรน้ำตาลผสมมีส่วนผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15 ซึ่งน้ำตาลฟรุกโตสจัดเป็นน้ำตาลรีดิวส์ซิงและผลิตภัณฑ์หลังทอดมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงเหลืออยู่ในขณะที่สูตรใช้น้ำตาลซูโครสไม่มี (ตารางที่ 10 และ 12) จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดโดยเกิดการทำปฏิกิริยากันระหว่างน้ำตาลรีดิวซิงส์กับหมู่อะมิโน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น (Petter and Hotchkiss, 1995; Ramirez *et al.*, 2004) การเก็บรักษาแบบสุญญากาศเป็นการป้องกันการสูญเสียหรือดูดซับความชื้นจากภายนอกเข้าสู่ผลิตภัณฑ์จึงส่งผลให้ค่า ส่วนค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์จะอยู่ในช่วง 0.64-0.70 และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ค่อนข้างคงที่ในทุกทั้งสองสูตรและทั้งการบรรจุแบบปกติและบรรจุแบบสุญญากาศ (ภาพที่ 12) นอกจากนี้ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นส่งผลให้ค่า TBA มีแนวโน้มลดต่ำลงในตัวอย่างทุกสูตรการทดลอง (ภาพที่ 13) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นอาจเกิดการรวมตัวเป็นอนุพันธ์ชนิดใหม่ของสารประกอบอัลดีไฮด์ในขั้นตอนสุดท้ายของปฏิกิริยาออซิเดชัน (Fennema, 1996) โดยค่า TBA ของสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) จะสูงกว่าสูตรน้ำตาลผสมในการบรรจุทั้ง 2 แบบ เนื่องจากสูตรน้ำตาลผสมมีส่วนผสมของน้ำตาลฟรุกโทสจะเกิด maillard product ระหว่างการทอดและระหว่างจากการการเก็บรักษา จากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างน้ำตาลรีดิวซิงส์กับหมู่อะมิโน (Petter and Hotchkiss, 1995; Ramirez *et al.*, 2004) และ maillard product จะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันได้ (antioxidant) (Chen *et al*., 2009)



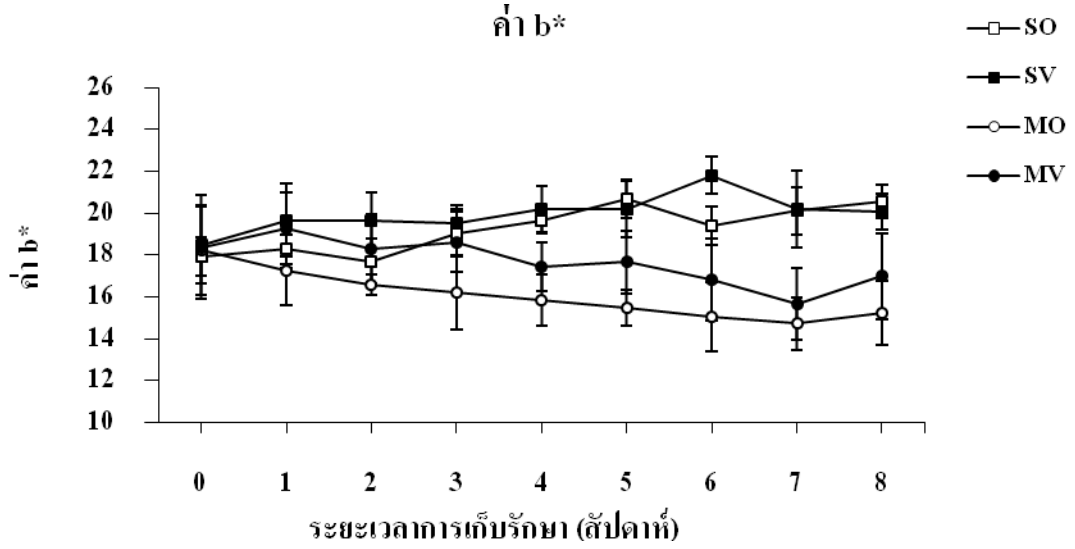
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ



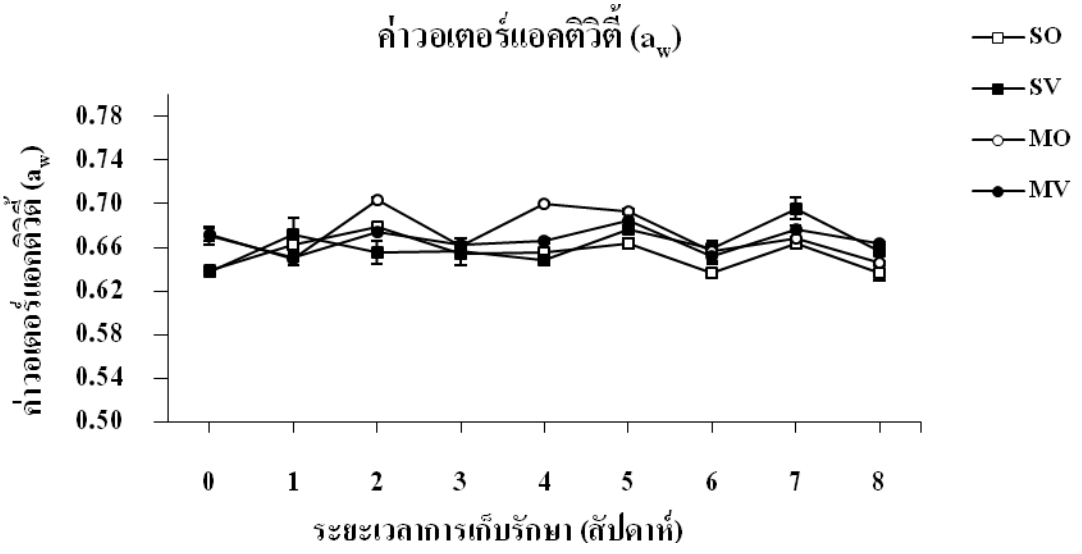
ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ



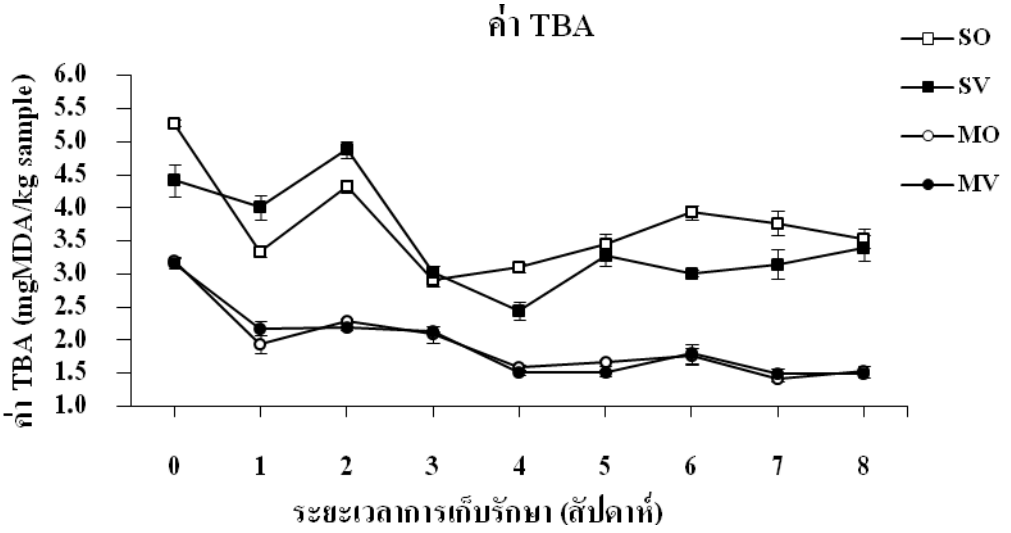
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

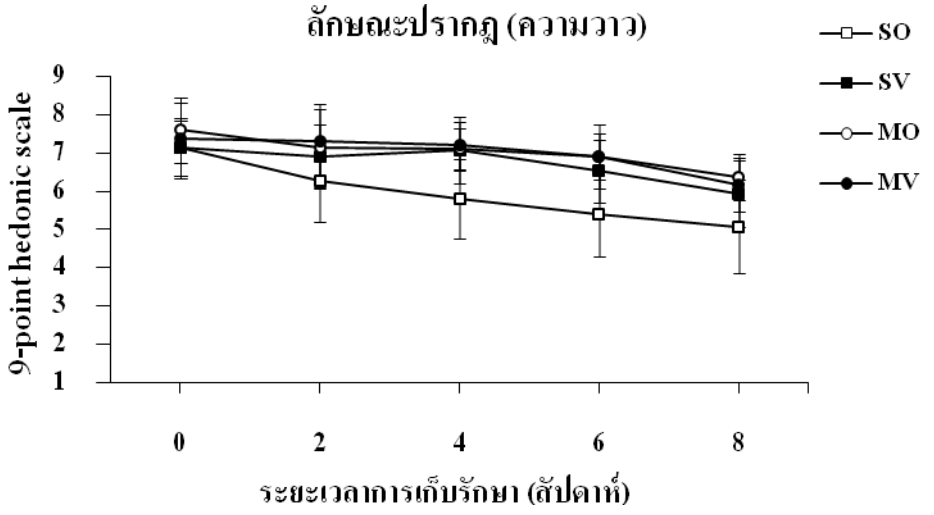
S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา
S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ

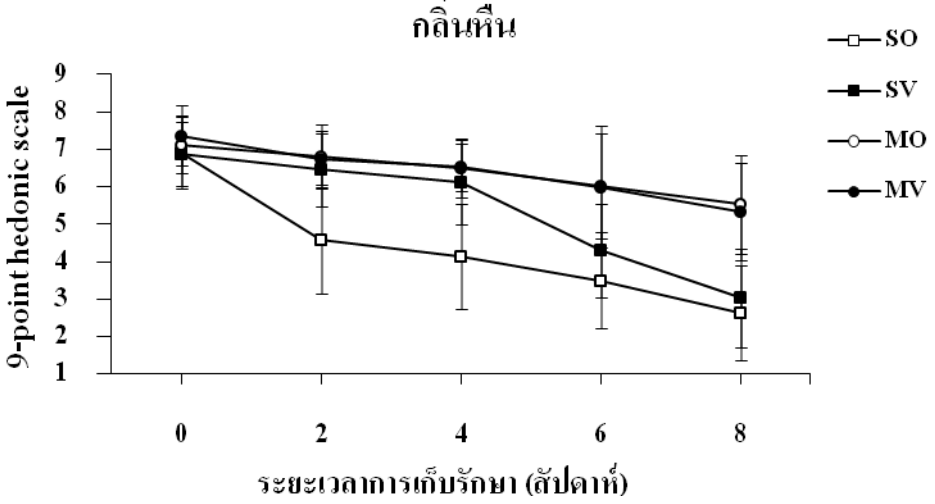
จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ทุกสูตรเมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นจะส่งผลให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสลดต่ำลง โดยผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลซูโครสผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นหืนต่ำกว่า 5 ในผลิตภัณฑ์ซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ และผลิตภัณฑ์ซึ่งบรรจุแบบปกติที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 30) ที่บรรจุแบบปกติที่มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 6 สัปดาห์ และที่บรรจุแบบสุญญากาศที่มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 4 สัปดาห์ จะไม่มีการทดสอบทางด้านความนุ่มเนื้อ ความหวาน และรสชาติ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนมากไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและเกรงว่าจะเกิดอันตรายต่อผู้ทดสอบ จึงทำการทดสอบเฉพาะทางด้านลักษณะปรากฏ (ความวาว) กลิ่นหืน สี และความชอบโดยรวม เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาต่อไป และเมื่อดูทางด้านลักษณะปรากฏ (ความวาว) สี ความนุ่มเนื้อ และความหวาน ผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบลดต่ำลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น (ภาพที่ 14 16 17 และ 18) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kumar และ Sharma (2004) ที่พบว่าเนื้อหมูบดไขมันเต็มและไขมันต่ำทั้งที่บรรจุแบบสุญญากาศและบรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ที่อากาศซึมผ่านได้จะมีคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 21 วัน ส่วนทางด้านกลิ่นหืนผลิตภัณฑ์จะมีคะแนนความชอบลดต่ำลง (ภาพที่ 15) เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น แม้ว่าค่า TBA มีแนวโน้มลดต่ำลงในตัวอย่างทุกสูตรการทดลอง (ภาพที่ 13) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นอาจเกิดการรวมตัวเป็นอนุพันธ์ชนิด

ใหม่ของสารประกอบอัลดีไฮด์ในขั้นตอนสุดท้ายของปฏิกิริยาออซิเดชัน (Fennema, 1996) และสูตรน้ำตาลผสมจะมีคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) ในการบรรจุทั้ง 2 แบบ ซึ่งสอดคล้องกับค่า TBA ที่สูตรน้ำตาลผสมมีค่าต่ำสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) (ภาพที่ 13) ส่วนความชอบโดยรวมผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสม ในการบรรจุทั้ง 2 แบบ ผู้ทดสอบให้คะแนนลดต่ำลงเล็กน้อยเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น และมีคะแนนต่ำสุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) ที่บรรจุแบบสุญญากาศจะมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าการบรรจุแบบธรรมดา ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) ที่บรรจุแบบสุญญากาศจะมีคะแนนความชอบค่อนข้างคงที่ในช่วงสัปดาห์ที่ 0-4 แต่ภายหลังสัปดาห์ที่ 4 ผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบโดยรวมลดลงอย่างรวดเร็ว และมีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่า 5 ในสัปดาห์ที่ 8 ส่วนในผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) ที่บรรจุแบบปกติผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบโดยรวมลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออายุการเก็บนานขึ้น และมีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่า 5 ในสัปดาห์ที่ 6 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสมในการบรรจุทั้ง 2 แบบ เมื่อเก็บรักษาไปจนถึงสัปดาห์ที่ 8 ผู้บริโภคยังมีการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสอยู่ แต่ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) ที่บรรจุแบบสุญญากาศจะมีอายุการเก็บ 8 สัปดาห์ และผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) ที่บรรจุแบบปกติจะมีอายุการเก็บ 6 สัปดาห์



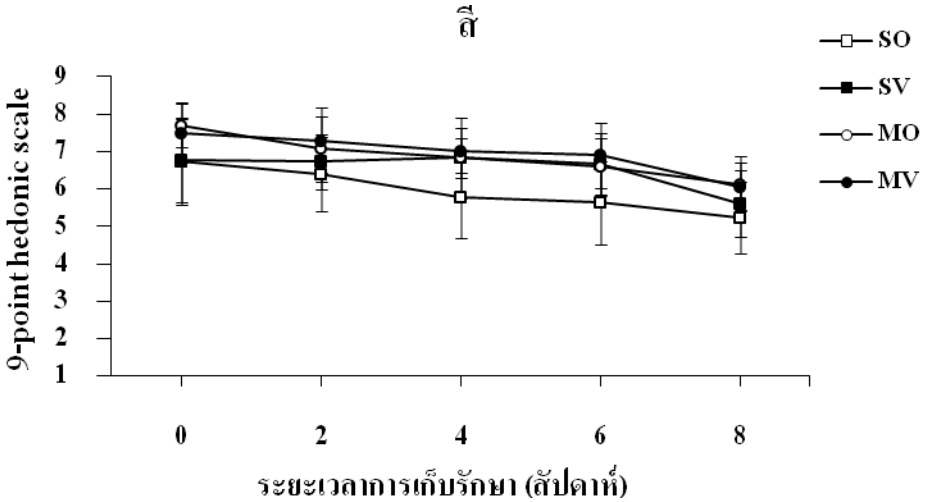
ภาพที่ 14 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (ความวาว) ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ



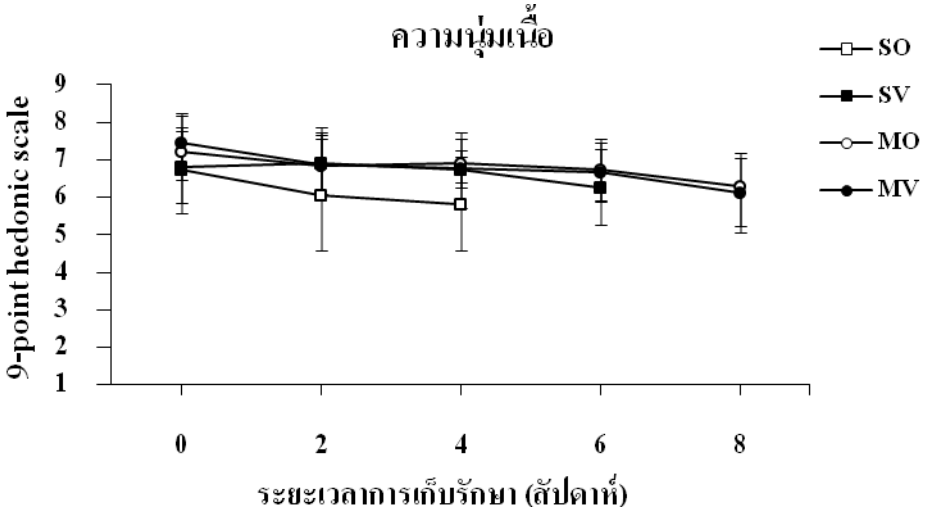
ภาพที่ 15 คะแนนความชอบด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ

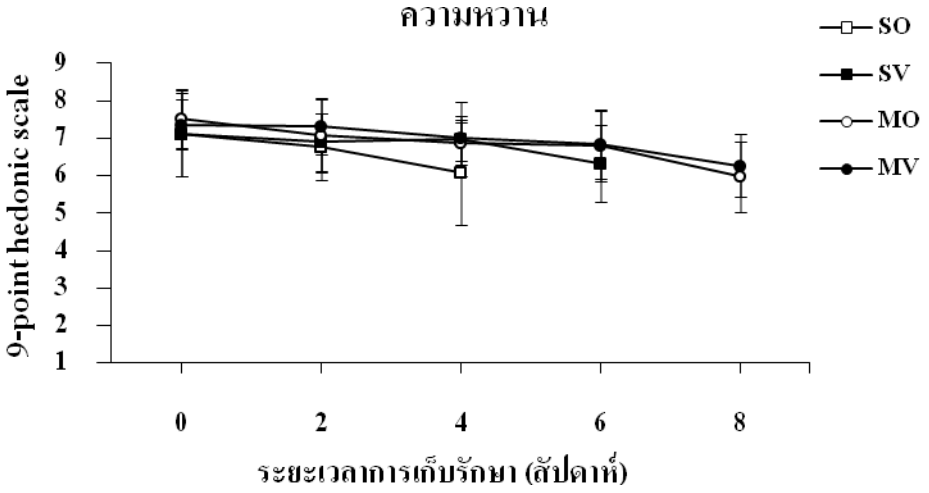


ภาพที่ 16 คะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

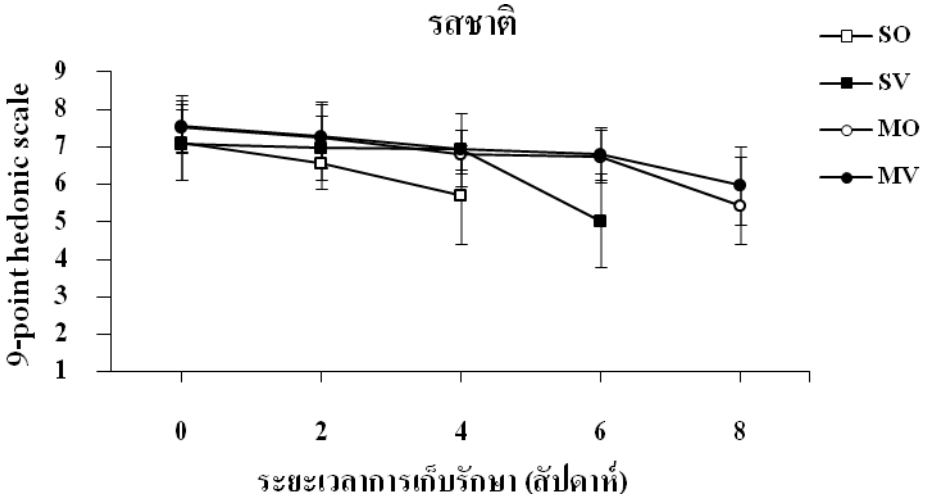
S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ



ภาพที่ 17 คะแนนความชอบด้านความนุ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา
S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ

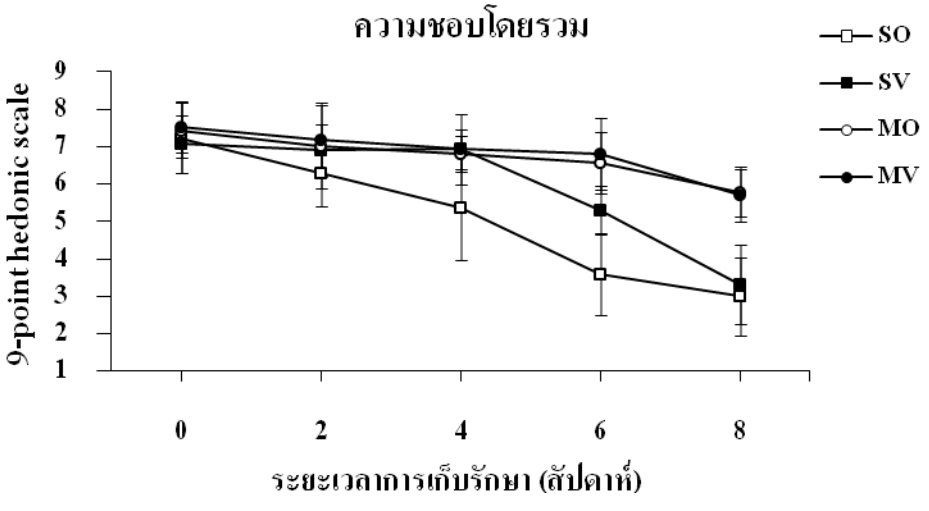


ภาพที่ 18 คะแนนความชอบด้านความหวานของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา
S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ



ภาพที่ 19 คะแนนความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ



ภาพที่ 20 คะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดและปริมาณเชื้อยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา พบว่าในทุกสูตรและทุกแบบการบรรจุจะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18) ส่วนปริมาณเชื้อยีสต์และราจะตรวจเจอในสัปดาห์ที่ 8 ในผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ทุกสูตรและทุกแบบการบรรจุ (ตารางที่ 19) ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งซึ่งมีลักษณะต่างๆและการยืดอายุผลิตภัณฑ์โดยใช้น้ำตาลเช่นเดียวกับกุนเชียง แต่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ยังไม่มีการกำหนดไว้ จึงยึดมาตรฐานทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกุนเชียง (มอก. 914-2539) ซึ่งได้กำหนดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 30 ไว้เท่ากับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1x 10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และกำหนดปริมาณเชื้อยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม Yang และคณะ (2009) กล่าวว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น และจากการศึกษาของ คมแข และคณะ (2553) พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อวัวกึ่งแห้งที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.74-0.77 จะพบเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และเมื่อเก็บนานขึ้นประมาณเชื้อยีต์และราก็จะเพิ่มมากขึ้น Haas และ Herman (1978 อ้างโดย Yang *et al*., 2009) พบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในช่วง 0.84-0.87 จะเป็นช่วงของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำสุดที่จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียทุกชนิดในผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งจะเจริญได้ แต่ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.64-0.70 ซึ่งต่ำกว่าช่วงที่จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียจะเจริญได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์จึงมีปริมาณจุลินทรีย์เจริญได้น้อย

ตารางที่ 18 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	เชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (log CFU/g)		
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 8
SO	2.91±0.04^{c}	3.91±0.08^{b}	3.50±0.03^{a}
SV	2.91±0.04^{c}	3.92±0.02^{b}	3.58±0.01^{a}
MO	1.75±0.02^{c}	2.51±0.04^{b}	4.25±0.01^{a}
MV	1.75±0.02^{c}	2.47±0.01^{b}	4.39±0.01^{a}

$^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ

ตารางที่ 19 ปริมาณเชื้อยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์	เชื้อยีสต์และรา (log CFU/g)		
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 8
SO	ND	ND	3.62±0.00
SV	ND	ND	3.59±0.04
MO	ND	ND	3.94±0.01
MV	ND	ND	4.05±0.01

[a-d] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

S = สูตรน้ำตาลซูโครส M = สูตรน้ำตาลผสม O = บรรจุแบบปกติ V = บรรจุแบบสุญญากาศ ND = วิเคราะห์ไม่พบ

บทที่ 5
บทสรุป

การศึกษาผลของระดับน้ำตาลซูโครสต่อการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์ พบว่า ระดับน้ำตาลในสูตรมีผลต่อคะแนนการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระดับน้ำตาลที่ร้อยละ 25-40 ของน้ำหนักเนื้อ ให้คะแนนการยอมรับในระดับสูงไม่แตกต่างกัน ระดับน้ำตาลในสูตรที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าช่วงนี้มีผลให้คะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่มีระดับน้ำตาลซูโครสในสูตรร้อยละ 35 จะมีคะแนนความชอบในทุกลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด และเมื่อศึกษาเปรียบเทียบชนิดสารให้ความหวานที่แตกต่างกันต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ได้แก่ น้ำตาลซูโครส ฟรุกโทส แลคโตส ซอร์บิทอล และมอลโตเด็กซ์ตริน ที่ระดับร้อยละ 35 ของน้ำหนักเนื้อ ปรากฏว่าการใช้ชนิดน้ำตาลหรือสารให้ความหวานที่แตกต่างกันมีผลให้ลักษณะคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้น้ำตาลแลคโตสเป็นสารให้ความหวานจะมีปริมาณความชื้นต่ำสุด (P<0.05) แต่กลับมีค่าวอเตอร์แอคตอวิตี้สูงที่สุด (P<0.05) ซึ่งอาจสัมพันธ์กับคุณสมบัติการละลายของน้ำตาล การใช้น้ำตาลและสารให้ความหวานต่างชนิดกันมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้น้ำตาลแลกโตสมีค่า L* และ b* สูงสุด (P<0.05) เมื่อใช้น้ำตาลฟรุกโตสผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่า L* และ b* ต่ำสุด (P<0.05) แต่มีค่า a* สูงสุด และการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารให้ความหวานผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์จะมีค่า a* และ b* สูงที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลจากความแตกต่างของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของสารให้ความหวานแต่ละชนิด เมื่อทดสอบค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อพบว่าการใช้น้ำตาลซูโครสและซอร์บิทอลทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อต่ำสุด ($P\geq$0.05) นอกจากนี้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานสูงสุดไม่แตกต่างจากการใช้น้ำตาลซอร์บิทอลเป็นสารให้ความหวานอย่างมีนัยสำคัญ ($P\geq$0.05) จากผลการทดลองจึงคัดเลือกน้ำตาลที่สามารถปรับปรุงคุณภาพของไก่สวรรค์ให้ดีขึ้น ได้แก่ น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานพื้นฐานที่มีการใช้กันโดยทั่วไปในผลิตภัณฑ์อาหารและราคาไม่แพง น้ำตาลซอร์บิทอลซึ่งมีผลปรับปรุงทางด้านความนุ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์ และถูกดูดซึมเข้าร่างกายได้ช้าจึงเป็นสารให้รสหวานทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน น้ำตาลฟรุกโตสสามารถปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ทางด้านสีให้ดีขึ้นได้จากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด และ

น้ำตาลมอลโตเด็กซ์ตรินแม้จะส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กรอบและแตกง่ายแต่หากใช้ในปริมาณที่เหมาะสมอาจจะ ปรับปรุงทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ได้ จึงทำการกำหนดอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน และ ซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล ในอัตราส่วน 70:15:15, 60:20:20 และ 50:25:25 และเมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนของสารให้ความหวานดังกล่าวต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้อัตราส่วนของน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน เป็นสารให้ความหวานจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยมีค่า a* สูงขึ้น แต่มีค่า b* ลดลง ทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พบว่าสูตรควบคุมซึ่งใช้น้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียวร้อยละ 35 มีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อต่ำสุด แต่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70 : 15 : 15 เป็นสารให้ความหวานจะมีค่าพลังงานต่ำที่สุด (P<0.05) และจากการทดลองใช้น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล เป็นสารให้ความหวาน พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อและค่า a* สูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\geq$0.05) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) มีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อและค่า a* ต่ำสุด (P<0.05) ส่วนผลการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าลักษณะปรากฏ (ความวาว) สี ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวมผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบอัตราส่วน 70:15:15 สูงที่สุดและมีคะแนนสูงกว่าสูตรควบคุม (P<0.05) สำหรับผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ที่ใช้สารให้ความหวานที่อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : ซอร์บิทอล ที่อัตราส่วน 70:15:15 มีผลคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุดและสูงกว่าสูตรควบคุมเช่นเดียวกัน เมื่อนำทั้งสองสูตรมาทำการเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยมีสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 35 เป็นสูตรควบคุม พบว่า สูตรน้ำตาลผสมทั้งสองสูตรให้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรควบคุมที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่การใช้น้ำตาลผสมทั้งสองสูตรให้คะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันโดยช่วยเพิ่มคะแนนด้านลักษณะปรากฏความมันวาวของผลิตภัณฑ์ คะแนนด้านสี รสชาติ และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนของชนิดน้ำตาล สูตรที่ใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ที่ 70:15:15 ให้ต้นทุนที่ต่ำกว่าเนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินมีราคาถูกกว่าซอร์บิทอล จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นสารให้ความหวานเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์และช่วยลดปริมาณน้ำตาลซูโครสในสูตรลง

เมื่อนำสูตรน้ำตาลผสมมาศึกษาผลของความชื้นก่อนทอดที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ช่วงร้อยละ 20-25 30-35 และ 40-45 ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์โดยมีสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสที่ร้อยละ 35 เป็นสูตรควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) สูงขึ้น ในขณะที่ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้น ความชื้นในผลิตภัณฑ์ก่อนทอดที่สูงขึ้นมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์หลังทอด โดยทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีชีดจางลง ความเป็นสีน้ำตาลลดลง โดยสูตรน้ำตาลผสมจะมีค่า L* สูงขึ้นแต่มีค่า a* ลดลงตามระดับความชื้นก่อนทอดที่สูงขึ้น แต่ระดับความชื้นก่อนทอดไม่มีผลต่อค่า b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ส่วนตัวอย่างสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35) จะมีค่า L* a* และ b* ลดลงเมื่อระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้น ($P \geq 0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลจากค่า a_w ที่เพิ่มขึ้นไปลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล นอกจากนี้ปริมาณความชื้นที่สูงขึ้นมีผลลดปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลง จึงเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้น้อยลงในระหว่างการทอดผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสมพบว่าความชื้นก่อนทอดมีผลกระทบต่อทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หลังทอด โดยผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบสูงขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีระดับความชื้นก่อนทอดสูงขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีระดับความชื้นก่อนทอดในช่วงร้อยละ 30-35 มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด ส่วนสูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35)ปริมาณความชื้นมีผลกระทบเพียงลักษณะปรากฏด้านความวาวและลักษณะเนื้อสัมผัสเท่านั้น โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านความนุ่มเนื้อสูตรที่มีระดับความชื้นก่อนทอดในช่วงร้อยละ 30-35 สูงสุด ดังนั้นปริมาณความชื้นก่อนทอดที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์จึงควรควบคุมอยู่ในช่วงร้อยละ 30-35 จึงจะให้ลักษณะคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่มีการยอมรับสูงสุด

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ 2 สูตร คือ สูตรควบคุม (ซูโครสร้อยละ 35%) และสูตรน้ำตาลผสม (น้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15) ที่สภาวะการบรรจุตัวอย่างแตกต่างกัน 2 สภาวะ คือ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Oriented Polypropylene (OPP) ปิดผนึกแบบสภาวะปกติ และบรรจุแยกชิ้นในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LLDPE ปิดผนึกแบบสุญญากาศ โดยค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองสูตรระหว่างการเก็บรักษาจะอยู่ในช่วง 0.64-0.70 ทั้งสองรูปแบบของการบรรจุ แสดงถึงการบรรจุสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ได้ ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานทั้งที่บรรจุแบบปกติและบรรจุแบบสุญญากาศ มีค่าสีค่อนข้างคงที่เปลี่ยนแปลงช้ากว่า

ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์สูตรน้ำตาลผสมในการบรรจุทั้ง 2 แบบ ซึ่งมีค่าสี L* a* และ b* มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าสีจึงไม่ได้มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นพบว่ามีแนวโน้มลดต่ำลงในตัวอย่างทุกสูตรการทดลอง ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีคะแนนการยอมรับลดลง โดยเฉพาะสูตรควบคุมที่บรรจุในสภาวะมีอากาศมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ยอมรับเมื่อเก็บรักษาได้ 2 สัปดาห์ การบรรจุแบบสุญญากาศช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูตรควบคุมได้เพิ่มขึ้นอีกสองสัปดาห์ แต่การใช้สูตรน้ำตาลผสมทั้งในรูปแบบการบรรจุแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ถึง 8 สัปดาห์ ทางด้านเชื้อจุลินทรีย์พบว่าผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ทุกสูตรและทุกแบบการบรรจุจะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณเชื้อยีสต์และราจะตรวจเจอในสัปดาห์ที่ 8 เมื่อพิจารณาสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์พบว่าเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้เกิดกลิ่นหืน มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่ลดลงอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามการใช้น้ำตาลผสมช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในเรื่องสี กลิ่นรส และการชะลอการเกิดออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สวรรค์ได้

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2552. สถิติการนำเข้า – ส่งออก สินค้าปศุสัตว์. วารสารเพื่อการเผยแพร่สถิติการนำเข้า-ส่งออก สินค้าปศุสัตว์. ฉบับที่ 12 ประจำเดือนธันวาคม 2552 กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

คมแข พิลาสมบัติ จตุพร บัณฑิต กัลยาณี เต็งพงศธร และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2553. ผลของการใช้สารสกัดชาเขียวและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อเจอร์กี้. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 2 ประจำปี 2553 17-18 ธันวาคม 2553

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ

มอก. 914-2539. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกุนเชียง. 2539. สถาบันอาหาร ประเทศไทย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก.-ธ.ก.ส. (ออนไลน์). สืบค้นจาก http://www.research.ifrpd.ku.ac.th (17 กันยายน 2551)

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สหมิตรออฟเซต. กรุงเทพฯ

วิไล รังสาดทอง. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ

สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม. 2549. โครงการพัฒนาคุณภาพมาตรฐานและบรรจุภัณฑ์หมูหวานหรือหมูสวรรค์

สุรัสวดี ไพศาล เสาวนีย์ สุไหลหมาน และ เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์. 2550. ผลของสารให้ความหวานต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูสวรรค์จากเศษเหลือ. โครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี IRPUS 2550. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรมเกษตร

อารีย์ โต๊ะเด็ม. 2552. การเตรียมและการใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์เลียนแบบซูริมิจากเนื้อไก่และเศษเหลือ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

American Dietetic Association. 2004. Position of the American Dietetic Association: Use of Nutritive and Nonnutritive Sweeteners. Am Diet Assoc. 104: 255-275.

AOAC. 1999. Official Method of Analysis. 16th ed. Association of Agricultural Chemists. Washington. D.C.

Baek, M.H., Yoo, B. and Lim, S.-T. 2004. Effects of sugars and sugar alcohols on thermal transition and cold stability of corn starch gel. Food Hydrocolloids. 18: 133-142.

Beura, M.P. Chirife, J. Resnik, S.L. and Lozano, R.D. 1987. Nonenzymatic browning in liquid model systems of high water activity: Kinetics of color changes due to caramelization of various single sugars. J Food Sci. 52: 1059-1062

Biliaderis, C.G. and Izydorczyk, M.S. 2007. Functional Food Carbohydrates. Taylor & Francis Group, LLC. New York.

Branen, A.L., Davidson, P.M., Salminen, S. and Thorngate, J.H. 2001. Food Additives. Marcel Dekker, Inc. America.

Burrington, K.J. 2003. Functional properties of lactose products. Wisconsin Center for Dairy Research, Wisconsin-Madison University, USA. P. 85-88.

Chen, S.L., Yang, D.J., Chen, H.Y. and Liu, S.C. 2009. Effect of hot acidic fructose solution on caramelisation intermediates including colour, hydroxymethylfurfural and antioxidantive changes. Food Chem. 114: 582-588.

Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Jeong, J.Y., Chung, H.J. and Kim, C.J. 2010. Effects of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters. Meat Sci. 84: 557-563.

Coles, R., McDowell, D. and Kirwan, M.J. 2003. Food Packaging Technology. Blackwell Publishing Ltd. USA.

Davies, C.G.A. and Labuza, T.P. 2003. The Maillard Reaction Application to Confectionery Products. Department of Food Science and Nutrition University of Minnesota. P. 1-33.

Egan, H., Kirk, R., and Sawyer, R. 1981. Pearson's chemical analysis of foods. 8th ed. Longman, Harlow, London UK.

Eskin, N. A. M. and Robinson, D. S. 2000. Food shelf life stability : chemical, biochemical, and microbiological changes. CRC Press LLC, Florida.

Fellows, P. 2000. Food Processing Tecnology: principles and practice. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. England, North and South America.

FSIS. 2005. Principles of Preservation of Shelf-stable Dried Meat Products (Online). Available http://www.fsis.usda.gov/PDF/FSRE_SS_7Princples.pdf (5 November 2011)

Garcia, F. A., Mizubuti, I. Y., Kanashiro, M. Y. and Shimokomaki, M. 2001. Intermediate moisture meat product: biological evaluation of charqui meat protein quality. Food Chem. 75: 405-409.

Gibson, G. R., Wills, C. L. and Loo, I. V. 1994. Non Digestible Oligosaccharides and Bifidobateria Implications for Health. Int Sugar J. 96: 1150

Greenly, L.W. 2003. A doctor's guide to sweeteners. Chiropr Med. 2: 80-86.

Heerden, S.M., Schonfeldt, H.C., Smith, M.F. and Rensburgz, D.M.J. 2002. Nutrient Content of South African Chickens. J Food Compost Anal. 15: 47-64.

Heinz, G. and Hautzinger, P. 2007. Meat processing technology : for small-to medium-scale producers. Food and Agriculture Organization of the United Natios, Philippines.

Hui, Y.H., Nip, W-K, Rogers, R.W. and Young, O.A. 2001. Meat Science and Applications. Marcel Dekker, Inc. All Rights Reserved, America.

Iseya, Z, Kubo, T. and Saeki, H. 2000. Effect of sorbitol on moisture transportation and textural change of fish and squid meats during curing and drying processes. Fisheries Science. 66: 1144-1149.

Jo, C., Ahn, H.J., Son, J.H., Lee, J.W. and Byun, M.W. 2003. Packaging and irradiation effect on lipid oxidation, color, residual nitrite content, and nitrosamine formation in cooked pork sausage. Food Control. 14: 7-12.

Kim, H.-J., Chun, H.-H., Song, H.-J. and Song, K.-B. 2010. Effects of electron beam irradiation on the microbial growth and quality of beef jerky during storage. Radiat Phys Chem. 79: 1165-1168.

Kim, K.W. and Lee, S.B. 2003. Inhibitory Effect of Maillard Reaction Products on Growth of the Aerobic Marine Hyperthermophilic Archaeon *Aeropyrum pernix*. Appl Environ Microbiol. 69: 432-4328.

Kuo, J.C., Wang, S.Y., Huang, C.J. and Ockerman, H.W. 1987. Effects of phosphate type, packaging method and storage time on the characteristics of chinese sausage. J Food Process Pres. 11: 325-338.

Kwak, E.J. and Lim, S.L. 2004. The effect of sugar, amino acid, metal ion and NaCl on model Maillard reaction under pH control. Amino Acids. 27: 85-90.

Lee, H.L., Santé-Lhoutellier, V., Vigouroux, S., Briand, Y. and Briand, M. 2008. Role of Calpains in Postmortem Proteolysis in Chicken Muscle. Poul Sci. 87: 2126-2132.

McCormick, R.J., Buyren, S., Field Rule, D.C. and Busboom, J.R. 1993. Surimi-like product from mutton. J Food Sci. 58: 497-500.

Nezzal, A., Aerts, L., Verspaille, M., Henderickx, G. and Redl, A. 2009. Polymorphism of sorbitol. J Crys Growth. 311: 3863-3870.

Petter, N.N. and Hotchkiss, J.H. 1995. Food Science. Chapman & Hall. New York.

Rahman, M.S. 2006. Handbook of Food Preservation. 2nd Ed. Taylor & Francis Group, LLC. New York.

Ramaswamy, H. and Marcotte, M. 2006. Food Processing : Principles and Applications. Taylor & Francis Group, LLC, New York.

Ramirez, M.R., Morcuende, D., Estevez M. and Cava, R. 2004. Effects of the type of frying with culinary fat and refrigerated storage on lipid oxidation and colour of fried pork loin chops. Food Chem. 88: 85-94.

Rangana, S. 1997. Manual of analysis of fruits and vegetables products. Tata McGraw-Hill Publ. Co.Ltd., New Delhi, India.

Rao, D.N. 1997. Intermediate moisture foods based on meats. Food Rev Int. 13: 519-551.

Rao, M.V., Gault, N.F. and Kennedy, S. 1989. Changes in the ultrastructure of beef muscles as influenced by acidic conditions below the ultimate pH. Food Microstruct. 8: 115-124.

Sadeghi, A., Shahidi, F., Mortazavi, S.A. and Mahalati, M.N. 2008. Evaluation of Different Parameters Effect on Maltodextrin Production by • -amylase Termamyl 2-x. World Appl Sci J. 3: 34-39.

Sakakibara, K., Tabata, S. Shiba, N., Gotoh, T. Nishimura, S. Andiwamoto, H. 2000. Myofibre composition and total collagen content in *M. iliotibialis lateralis* and *M. pectoralis* of Silkie and White Leghorn chickens. Br Poult Sci. 41: 570-574.

Salmimen, S. and Hallikainen, A. 2002. Sweeteners. *In* Food Additives. 2nd Ed. (Branen, A.L., Davidson, P.M. and Thorngate, J.H. ed.). Marcel Dekker; Inc. New York.

Sikorski, Z.E. 2007. Chemical and Functional Properties of Food Components. Taylor & Francis Group. New York.

Singh, R.P. and Anderson, B.A. 2004. The Major Types of Food Spoilage: An Overview. *In* Understanding and Measuring the Shelf-Life of food (Steele, R., ed.). Woodhead Publishing Limited. Cambridge.

Sosa-Morales, M.E., Orzuna-Espiritu, R. and Velez-Ruiz J.F. 2006. Mass, thermal and quality aspects of deep-fat frying of pork meat. J Food Eng. 77: 731-738.

Tan, F.-J., Liao, F.-Y., Jhan, Y.-J. and Liu, D.-C. 2007. Effect of replacing pork backfat with yams (*Dioscorea alata*) on quality characteristics of Chinese sausage. J Food Eng. 79: 858-863.

Wageningen University. 2011. Sugar (Online). Available http://www.food-info.net/uk/products/ sugar/intro.htm (5 November 2011)

Yang, H.-S., Hwang, Y.-H., Joo, S.-T. and Park, G.-B. 2009. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. Meat Sci. 82: 289-294.

Yoo, B. and Lee, C.M. 1993. Thermoprotective effect of sorbitaol on proteins during dehydration. J Agric Food Chem. 41: 190-192.

Zehner, Lee R. and Zehner, Warren L. 2004. Mixtures of fructose and lactose as a low-calorie bulk sweetener with reduced glycemic index: US Patent: 6,777,397.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก1. การวิเคราะห์ค่าสี

อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab colorimeter)

วิธีการ

นำตัวอย่างไปวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab colorimeter) รายงานค่าในระบบ CIE ตรวจสอบค่า L*, a*, b*

L* บ่งบอกถึงความสว่างของสี (lightness) โดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* บ่งบอกถึงสีแดงและสีเขียว โดยค่าเป็นบวกก็จะมีความเป็นสีแดงมากขึ้น และถ้าค่าเป็นลบก็จะมีความเป็นสีเขียวมาก

b* บ่งบอกถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าเป็นบวกก็จะมีความเป็นสีเหลือง และถ้าค่าเป็นลบก็จะมีความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น

ก2. การวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ

อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส

วิธีการ

นำผลิตภัณฑ์หมูสวรรค์อิมัลชันที่ผ่านการทอด มาตัดให้มีขนาด 1.5×3.0×0.4 เซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น มาทำการวัดค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ใช้ใบมีดแบบ Warner Blazler shear blade (WB-blade) เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้ load cell 25 กิโลกรัม

ก3. การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activety, a_w)

อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่ 25 องศาเซลเซียส รอให้อุณหภูมิของเครื่องอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส แล้ว Calibrate เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ด้วยสารละลายเกลือมาตรฐาน
2. เปิดคอมพิวเตอร์และเลือกโปรแกรมสำเร็จรูป
3. บรรจุตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียดลงในตลับพลาสติกให้ได้ปริมาณ ¾ ของตลับพลาสติก แล้วนำตลับตัวอย่างใส่ใน measuring chamber
4. เริ่มวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จนกระทั่งเครื่องเตือน บันทึกค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

ก4. การวิเคราะห์ค่าพีเอช (pH) (AOAC, 1999)

อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าพีเอช

วิธีการวิเคราะห์

1. นำเนื้อไก่มาเติมน้ำกลั่นในอัตราส่วนเนื้อต่อน้ำกลั่น 1:5 ตามวิธี AOAC (1999) เปิดคอมพิวเตอร์และเลือกโปรแกรมสำเร็จรูป
2. จากนั้นนำตัวอย่างไปทำการโฮโมจิไนซ์ที่ความเร็ว 13,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที แล้ววัดพีเอชของเนื้อโดยใช้เครื่องวัดพีเอช

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมี

ข1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยวิธีของ AOAC (1999)

อุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบลมร้อน
3. โถดูดความชื้น (Desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

1. ล้างภาชนะสำหรับหาความชื้นให้สะอาด อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง ทำให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก
2. กระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นให้มีความละเอียดของน้ำหนักอยู่ในช่วง 1-2 กรัม ในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบปล่อยให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น (ประมาณ 45 นาที) แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก
6. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นเดิมจนได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
7. คำนวณหาปริมาณความชื้นของตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}$$

ข2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยวิธีของ AOAC (1999)

อุปกรณ์

1. ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เครื่องสกัดไขมัน
3. ตู้อบลมร้อน

4. โถดูดความชื้น (Desiccator)

5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีวิเคราะห์

1. อบขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-2 กรัม ลงบนกระดาษกรอง แล้วห่อให้มิดชิดใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารละลายกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

4. เติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ประมาณ 150 มิลลิลิตรลงในขวดหาไขมันแล้ววางบนเตา

5. ประกอบชุดสกัดไขมัน (ซอคเลตและเครื่องควบแน่น) พร้อมเปิดน้ำหล่อเย็นอุปกรณ์ควบแน่น แล้วเปิดสวิทช์ให้ความร้อน

6. สกัดไขมันนาน 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

7. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดตัวอย่างออกจากซอคเลต และระเหยสารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ออก

8. นำขวดก้นกลมหาไขมันไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนแห้งนำออกจากตู้ใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

9. กระทำเช่นเดียวกับข้อ 8 จนได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

10. คำนวณหาปริมาณไขมันของตัวอย่างจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักขวดรวมไขมัน - น้ำหนักขวด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

ข3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีของ AOAC (1999)

อุปกรณ์

1. เครื่องย่อยวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
2. เครื่องกลั่นวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร
5. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. บูเรตต์ขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารช่วยเร่งปฏิกิริยาผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$5H2O) และโพแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 1:10
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20
5. กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4
6. อินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5-1 กรัม จดน้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน และทำแบลงค์
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นปริมาณ 20 มิลลิลิตร
3. นำไปให้ความร้อนบนเตาย่อยที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนได้สารละลายใส
4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควัน (ประมาณ 1 ชั่วโมง) แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
5. นำหลอดย่อยเข้าเครื่องกลั่น ปลายสายของเครื่องสายหนึ่งจุ่มลงในถังน้ำกลั่นอีกสายหนึ่งจุ่มลงในถังโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อใช้ในการทำปฏิกิริยา เปิดน้ำหล่อเย็นในอัตราการไหลประมาณ 3-4 ลิตรต่อนาที

6. นำขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 25 มิลลิลิตรและเติมอินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator) ไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรด

7. ทำการใช้เวลากลั่นประมาณ 4 นาที

8. นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 หรือ 0.1 นอร์มัลจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู่ บันทึกปริมาตรที่ใช้

9. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(A-B) \times N \times 1.4007 \times F}{W}$$

A = ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรตกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มอล)

F = แฟกเตอร์

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

ข4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยวิธีของ AOAC (1999)

อุปกรณ์

1. เตาเผา
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
3. โถดูดความชื้น (Desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

1. หาน้ำหนักที่แน่นนอนของถ้วยกระเบื้องเคลือบ โดยการล้างถ้วยเผาให้สะอาดนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 -600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วเอาใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และทำจนน้ำหนักคงที่

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว

4. นำไปเผาในตู้ดูดควันจนหมดควัน

5. นำเข้าเตาเผาตั้งที่อุณหภูมิ 550 -600 องศาเซลเซียส ทำเช่นเดียวกับข้อ 1- 2

6. คำนวนปริมาณเถ้าของตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า (คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

ข5. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Rangana, 1997)

วัสดุอุปกรณ์

1. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เตาให้ความร้อน (Hot plate)
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. ขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ปิเปต
6. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
7. บิวเรตต์ขนาด 50 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียดแล้วปริมาณ 50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลาย 1 นอร์มอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ นำไปต้มให้เดือดเบาๆ โดยมีการคนเป็นครั้งคราวเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาตามกำหนดทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นต้มให้มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรก่อนต้ม ทำให้เย็นแล้วเทใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นและกรองด้วยผ้าขาวบางเอาตัวอย่างของแข็งออก จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 อีกครั้ง จากนั้นทำการปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมนิวทรัลเลดอะซิเตทเข้มข้นร้อยละ 45 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรและเติมโพแทสเซียมออกซาเลทเข้มข้นร้อยละ 22

ปริมาณ 4 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 250 มิลลิลิตร แล้วทำการกรอง จะได้สารละลายใสของน้ำตาลตัวอย่าง

หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ทำการไตเตรทเบื้องต้นโดยปิเปตสารละลายเฟลิง (A+B) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาณ 50 มิลลิลิตร บรรจุสารละลายใสของน้ำตาลตัวอย่างในบิวเรตต์ขนาด 50 มิลลิลิตร ปล่อยสารละลายน้ำตาลตัวอย่างจากบิวเรตต์ลงในสารละลายเฟลิงด้วยปริมาณที่คาดว่าเพียงพอจะรีดิวซ์สารละลายเฟลิงได้เกือบสมบูรณ์ ผสมและให้ความร้อนจนสารละลายเดือดเป็นเวลา 15 วินาที ถ้าสารละลายยังคงเป็นสีน้ำเงิน ให้เติมสารละลายอีก 2-3 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 2-3 นาที ทำจนสีน้ำเงินจางแล้วเติมเมธิลีนบลู 3 หยด จากนั้นไตเตรทด้วยสารละลายใสของน้ำตาลตัวอย่างจนกระทั่งสีของเมทธิลีนบลูหายไป บันทึกปริมาตรสารละลายใสของน้ำตาลตัวอย่างที่ใช้ในการไตเตรท จากนั้นทำการไตเตรทตัวอย่างมาตรฐาน โดยปิเปตสารละลายเฟลิงมา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร บรรจุสารละลายใสของน้ำตาลตัวอย่างลงในบิวเรตต์ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปล่อยสารละลายจากบิวเรตต์ลงในสารละลายเฟลิงในปริมาณที่ทราบจากการไตเตรทเบื้องต้น ให้เหลือปริมาณสารละลายใสของตัวอย่างน้ำตาลตัวอย่างที่จะริดิวซ์สารละลายเฟลิงจนสมบูรณ์นั้นเพียง 0.5-1.0 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้สารละลายใสของน้ำตาลตัวอย่างเข้ากับสารละลายเฟลิง แล้วนำไปให้ความร้อนจนเดือดปานกลางเป็นเวลา 2 นาที เติมเมธิลีนบลู 3 หยด ไตเตรทจนถึงจุดยุติภายใน 1 นาที โดยการปล่อยให้สารละลายน้ำตาลหยดด้วยอัตรา 2-3 หยด ต่อช่วงเวลา 5-10 วินาที จนกระทั่งสีของเมธิลีนบลูจางหายไปและสังเกตเห็นตะกอนสีแดงอิฐ บันทึกปริมาตรสารละลายใสของน้ำตาลตัวอย่างที่ใช้ไปทั้งหมด แล้วคำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ดังสมการ

$$\text{น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)} = \frac{F \times 100 \times 250 \times 250}{W \times 100 \times V}$$

F = แฟคเตอร์ของสารละลายเฟลิง

W = น้ำหนัก (กรัม)

V = ปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้การไตเตรต (มิลลิลิตร)

หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยปิเปตสารละลายใสของตัวอย่างน้ำตาลปริมาณ 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดซิตริก 5 กรัม และเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดเบาๆ เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นแล้วเทใส่ในขวดปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลาย 1 นอร์มอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 250 มิลลิลิตร ไตเตรทหาปริมาณน้ำตาลเช่นเดียวกับวิธีไตเตรทหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์แล้วคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ดังสมการ

$$\text{น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{F\times100\times250\times250\times250}{W\times100\times50\times V}$$

ข6. การวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ละลายได้ (Liu *et al*., 1996)

วัสดุอุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. โฮโมจีไนซ์เซอร์
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
5. เครื่องหมุนเหวี่ยง
6. อ่างน้ำมันควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการวิเคราะห์

วิเคราะห์คอลลาเจนที่ละลายน้ำได้ดัดแปลงตามวิธีของ Liu และคณะ (1996) โดยน้ำเนื้อไก่สับละเอียด 2 กรัม มาโฮโมจีไนซ์ในสารละลาย Ringer's solution เจือจาง 4 เท่า ปริมาตร 8 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 77°C เป็นเวลา 70 นาที จากนั้นนำตัวอย่างไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำตะกอนที่ได้ไปโฮโมจีไนซ์ในสารละลายเดิมอีกครั้ง แล้วจึงนำสารละลายใสที่ได้จากทั้งสองครั้งมารวมกัน บันทึกปริมาตรการหาปริมาณไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyproline) โดยนำสารละลายส่วนใสไปย่อยในสารละลาย 6 M HCl ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด โดยนำเนื้อไก่สับละเอียด 5 กรัม ย่อยในสารละลาย 6 M HCl ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เติมคาร์บอนกำมันต์ (ผงถ่าน) ในตัวอย่างภายหลังการย่อยเพื่อให้สารละลายใส หลังจากนั้นนำไปกรอง

และปรับสารละลายให้เป็นกลางด้วย 10 M และ 1 M NaOH ปรับปริมาตร ให้ได้ 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำมาวิเคราะห์ปริมาณไฮดรอกซีโพรลีนตามวิธีของ Bergman และ Loxley (1963) คำนวณปริมาณคอลลาเจนโดยใช้ค่าตัวแปร (factor) 7.25 รายงานปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในหน่วยเป็นมิลลิกรัมของคอลลาเจนต่อกรัมของเนื้อ ส่วนปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้คำนวณเป็นสัดส่วนเทียบกับปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดของตัวอย่าง (% total collagen)

ข7. การวิเคราะห์ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA) (Egan *et al*., 1981)

วัสดุอุปกรณ์

1. ขวดกลั่นขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เตาให้ความร้อน (Hot plate)
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. เครื่องเขย่าสาร (Vortex Mixer)
5. ลูกแก้ว
6. หลอดฝาเกลียว

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่าง 10 กรัม มาบดละเอียดในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที
2. เทลงในขวดกลั่น แล้วใช้น้ำกลั่นปริมาณ 47.5 มิลลิลิตร ชะตัวอย่างลงไปในขวดกลั่น
3. เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 4 นอร์มอล ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร ลงไปในขวดกลั่น
4. เติมสารป้องกันการเกิดฟองและใส่ลูกแก้ว 3-4 เม็ด กลั่นให้ได้ของเหลวปริมาตร 50 มิลลิลิตร ภายในเวลา 10 นาที
5. ดูดสารที่กลั่นได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดฝาเกลียว
6. เติมสารละลายกรดไธโอบาร์บิทูริกปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที
7. ทำแบลงค์ด้วยวิธีเดียวกัน โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทนสารที่กลั่นได้
8. นำตัวอย่างและแบลงค์ที่เย็นแล้ว ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร คำนวณหาค่า Thiobarbituric acid ดังสมการ

Thiobarbituric acid (mg malonaldehyde/kg sample) = 7.8 × ค่าการดูดกลืนแสง (OD)

ภาคผนวก ค การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ค1. แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale

เรื่อง การให้คะแนนความชอบ

ผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์

ชื่อผู้ตัดสิน…….. วันที่……..เวลา……

ข้อแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบตัวอย่างในแต่ละปัจจัยที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

9 = ชอบมากที่สุด 6 = ชอบน้อยที่สุด 3 = ไม่ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 2 = ไม่ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบ**				
	รหัส	**รหัส .....**	**รหัส .....**	**รหัส .....**	**รหัส .....**
ลักษณะปรากฏ (ความวาว)					
สี					
กลิ่นหืน					
ความนุ่มเนื้อ					
รสชาติ					
ความหวาน					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ……

…….

ขอบคุณค่ะ

ภาคผนวก ง ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศ (สูตรน้ำตาลผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15)

สัปดาห์	ค่าสี			ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	ค่า TBA
	L*	a*	b*	(kg)	(a_w)	(mgMDA/kg sample)
0	35.39±1.75^{a}	11.52±2.28^{de}	18.37±2.46^{ab}	1.71±0.27^{ab}	0.67±0.01^{bc}	3.16±0.08^{a}
1	34.76±1.50^{a}	13.77±0.92^{a}	19.27±1.70^{a}	1.86±0.25^{a}	0.65±0.00^{e}	2.18±0.11^{b}
2	32.94±1.29^{b}	12.69±1.32^{abcd}	18.31±1.65^{ab}	1.74±0.30^{ab}	0.67±0.00^{b}	2.19±0.03^{b}
3	31.73±1.96^{bc}	13.13±1.02^{ab}	18.62±1.43^{ab}	1.71±0.19^{ab}	0.66±0.00^{d}	2.12±0.00^{b}
4	31.11±1.80^{c}	12.88±1.32^{abc}	17.44±1.19^{b}	1.74±0.24^{ab}	0.67±0.00^{cd}	1.51±0.04^{d}
5	33.11±1.20^{b}	12.28±0.73^{bcde}	17.65±1.50^{ab}	1.64±0.36^{abc}	0.68±0.01^{a}	1.51±0.05^{d}
6	31.07±2.67^{c}	11.73±0.97^{cde}	16.82±1.97^{bc}	1.57±0.17^{bc}	0.65±0.00^{e}	1.79±0.15^{c}
7	31.63±1.64^{bc}	11.12±0.79^{e}	15.64±1.72^{c}	1.42±0.20^{c}	0.68±0.00^{b}	1.50±0.06^{d}
8	28.64±1.70^{d}	12.19±1.72^{bcde}	16.98±2.07^{bc}	1.65±0.27^{abc}	0.66±0.00^{cd}	1.48±0.14^{d}

$^{a-e}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ลักษณะทางกายภาพและค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบปกติ (สูตรน้ำตาลผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15)

สัปดาห์	ค่าสี			ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	ค่า TBA
	L*	a*	b*	(kg)	(a_w)	(mgMDA/kg sample)
0	34.44±2.53^{ab}	12.81±1.00^{a}	18.42±2.10^{a}	1.65±0.26^{cd}	0.67±0.01^{c}	3.20±0.07^{a}
1	35.59±1.40^{a}	11.41±1.67^{b}	17.26±1.69^{ab}	1.80±0.21^{abc}	0.65±0.01^{fg}	1.93±0.14^{d}
2	33.93±2.11^{ab}	11.26±1.38^{b}	16.58±0.48^{bc}	1.75±0.25^{bcd}	0.70±0.00^{a}	2.29±0.04^{b}
3	32.85±2.51^{b}	11.05±1.40^{bc}	16.21±1.75^{bcd}	1.92±0.20^{ab}	0.66±0.00^{de}	2.09±0.13^{c}
4	34.30±1.79^{ab}	9.48±0.69^{d}	15.86±1.22^{bcde}	1.58±0.18^{cd}	0.70±0.00^{ab}	1.59±0.04^{f}
5	33.51±1.44^{b}	10.60±1.46^{bcd}	15.46±0.86^{cde}	1.51±0.23^{d}	0.69±0.00^{b}	1.66±0.05^{ef}
6	32.69±2.32^{b}	10.10±0.65^{cd}	15.04±1.65^{de}	1.53±0.22^{d}	0.66±0.01^{ef}	1.76±0.13^{e}
7	32.92±1.47^{b}	10.10±0.82^{cd}	14.73±1.26^{e}	1.76±0.35^{bcd}	0.67±0.00^{cd}	1.41±0.03^{g}
8	32.74±2.46^{b}	9.95±0.77^{cd}	15.22±1.51^{cde}	2.02±0.28^{d}	0.65±0.00^{g}	1.53±0.09^{fg}

$^{a-g}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 3 ลักษณะทางกายภาพและค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศ (สูตรควบคุม; น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 30)

สัปดาห์	ค่าสี			ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	ค่า TBA
	L*	a*	b*	(kg)	(a_w)	(mgMDA/kg sample)
0	43.40±2.78^{c}	4.32±0.47^{de}	18.48±1.85^{c}	1.72±0.26^{ab}	0.64±0.00^{e}	4.42±0.24^{b}
1	43.69±1.94^{bc}	5.63±1.23^{bc}	19.66±1.75^{bc}	1.70±0.24^{ab}	0.67±0.01^{bc}	4.01±0.18^{c}
2	43.19±1.98^{c}	5.56±0.67^{bc}	19.62±1.34^{bc}	1.71±0.25^{ab}	0.66±0.01^{cd}	4.88±0.13^{a}
3	45.95±1.55^{a}	5.16±0.85^{bc}	19.52±0.88^{bc}	1.94±0.26^{a}	0.66±0.01^{cd}	3.02±0.11^{e}
4	43.92±1.42^{abc}	6.49±1.05^{a}	20.17±1.25^{b}	1.92±0.34^{a}	0.65±0.00^{de}	2.44±0.14^{f}
5	43.92±2.70^{abc}	4.17±0.78^{de}	20.22±1.39^{b}	1.85±0.21^{ab}	0.68±0.00^{b}	3.27±0.15^{de}
6	44.83±1.48^{abc}	6.01±1.05^{ab}	21.81±0.91^{a}	1.65±0.17^{bc}	0.66±0.01^{cd}	3.01±0.05^{e}
7	43.95±2.28^{abc}	4.93±0.88^{cd}	20.18±1.83^{b}	1.84±0.24^{ab}	0.70±0.01^{a}	3.15±0.23^{de}
8	45.72±1.76^{ab}	4.08±0.70^{e}	20.06±0.87^{b}	1.44±0.12^{c}	0.66±0.01^{cd}	3.40±0.19^{d}

$^{a-f}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 4 ลักษณะทางกายภาพและค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบปกติ (สูตรควบคุม; น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 30)

สัปดาห์	ค่าสี			ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	ค่า TBA
	L*	a*	b*	(kg)	(a_w)	(mgMDA/kg sample)
0	43.34±1.09^{d}	4.67±0.98^{ns}	17.92±0.90^{e}	1.80±0.19^{bc}	0.64±0.00^{d}	5.28±0.05^{a}
1	44.06±0.96^{cd}	4.77±0.73^{ns}	18.27±0.92^{de}	1.77±0.12^{bc}	0.66±0.00^{b}	3.34±0.09^{d}
2	43.91±1.10^{cd}	4.92±0.58^{ns}	17.66±1.14^{e}	1.87±0.21^{ab}	0.68±0.00^{a}	4.32±0.10^{b}
3	46.13±2.12^{ab}	5.10±0.74^{ns}	19.05±1.14^{cd}	1.77±0.23^{bc}	0.65±0.00^{c}	2.90±0.09^{f}
4	45.15±0.85^{bc}	5.14±0.62^{ns}	19.66±0.67^{bc}	1.90±0.28^{ab}	0.65±0.00^{c}	3.10±0.07^{e}
5	46.50±0.99^{a}	5.07±0.56^{ns}	20.65±0.88^{a}	2.03±0.23^{a}	0.66±0.00^{b}	3.46±0.15^{d}
6	45.52±1.28^{ab}	4.54±0.77^{ns}	19.39±0.91^{bc}	1.77±0.22^{bc}	0.64±0.00^{d}	3.93±0.10^{c}
7	46.38±1.77^{ab}	4.69±0.89^{ns}	20.10±1.15^{ab}	1.81±0.29^{b}	0.66±0.00^{b}	3.77±0.18^{c}
8	46.43±1.31^{ab}	4.43±1.12^{ns}	20.58±0.80^{a}	1.59±0.15^{c}	0.64±0.00^{d}	3.54±0.14^{d}

$^{a-f}$ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 5 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศ (สูตรน้ำตาลผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15)

สัปดาห์	ลักษณะปรากฏ (ความวาว)	กลิ่นหืน	สี	ความนุ่มเนื้อ	ความหวาน	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	7.37±0.96[a]	7.37±0.81[a]	7.50±0.78[a]	7.47±0.78[a]	7.37±0.67[a]	7.57±0.68[a]	7.53±0.68[a]
2	7.33±0.96[bc]	6.73±0.69[b]	7.30±0.88[ab]	6.87±0.78[b]	7.33±0.76[a]	7.30±0.84[ab]	7.17±0.95[ab]
4	7.20±0.61[bc]	6.53±0.63[bc]	7.03±0.61[b]	6.77±0.50[b]	7.00±0.59[ab]	6.93±0.52[bc]	6.93±0.52[b]
6	6.90±0.84[c]	6.00±1.62[c]	6.90±0.88[b]	6.67±0.80[b]	6.83±0.91[b]	6.80±0.67[c]	6.80±0.96[b]
8	6.17±0.70[d]	5.33±1.30[d]	6.07±0.64[c]	6.13±1.07[c]	6.27±0.83[c]	5.97±1.03[d]	5.73±0.74[c]

[a-d] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 6 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบปกติ (สูตรน้ำตาลผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส : ฟรุกโทส : มอลโตเด็กซ์ตริน ในอัตราส่วน 70:15:15)

สัปดาห์	ลักษณะปรากฏ (ความวาว)	กลิ่นหืน	สี	ความนุ่มเนื้อ	ความหวาน	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	7.60±0.86[a]	7.13±0.78[a]	7.70±0.60[a]	7.23±0.94[a]	7.53±0.78[a]	7.53±0.86[a]	7.43±0.73[a]
2	7.13±1.01[b]	6.80±0.85[ab]	7.07±0.87[b]	6.83±1.05[ab]	7.07±0.98[b]	7.27±0.94[ab]	7.03±1.13[ab]
4	7.10±0.55[b]	6.50±0.78[bc]	6.83±0.53[bc]	6.90±0.66[ab]	6.87±0.57[b]	6.80±0.66[bc]	6.80±0.48[bc]
6	6.90±0.61[b]	6.03±1.40[cd]	6.60±0.77[c]	6.73±0.83[bc]	6.80±0.96[b]	6.73±0.78[c]	6.57±0.82[c]
8	6.37±0.61[c]	5.53±1.31[d]	6.13±0.73[d]	6.30±0.75[c]	5.97±0.93[c]	5.43±1.30[d]	5.77±0.63[d]

[a-d] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 7 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศ (สูตรควบคุม; น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 30)

สัปดาห์	ลักษณะปรากฏ (ความวาว)	กลิ่นหืน	สี	ความนุ่มเนื้อ	ความหวาน	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	7.13±0.73[a]	6.87±0.86[a]	6.77±1.14[a]	6.80±0.96[a]	7.10±1.12[a]	7.07±0.94[a]	7.07±0.78[a]
2	6.90±0.84[ab]	6.47±1.01[ab]	6.73±0.74[a]	6.90±0.84[a]	6.90±0.76[a]	6.97±0.85[a]	6.90±0.71[a]
4	7.07±0.87[a]	6.13±1.14[b]	6.83±1.09[a]	6.73±1.01[ab]	6.97±1.00[a]	6.93±0.98[a]	6.93±0.94[a]
6	6.53±0.82[b]	4.30±1.24[c]	6.67±0.83[b]	6.27±1.01[b]	6.33±1.03[b]	5.03±1.25[b]	5.30±0.65[b]
8	5.93±0.87[c]	3.03±1.33[d]	5.60±0.89[b]	ND	ND	ND	3.33±1.06[c]

[a-d] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ND = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ เนื่องจากตัวอย่างมีความหืนจึงไม่มีการทดสอบลักษณะดังกล่าว

ตารางภาคผนวกที่ 8 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่สวรรค์ระหว่างการเก็บรักษาซึ่งบรรจุแบบปกติ (สูตรควบคุม; น้ำตาลซูโครสร้อยละ 30)

สัปดาห์	ลักษณะปรากฏ (ความวาว)	กลิ่นหืน	สี	ความนุ่มเนื้อ	ความหวาน	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	7.13±0.78[a]	6.90±0.96[a]	6.73±1.14[a]	6.73±1.14[a]	7.13±1.14[a]	7.13±1.01[a]	7.23±0.94[a]
2	6.27±1.08[b]	4.57±1.41[b]	6.40±1.00[a]	6.07±1.48[ab]	6.77±0.90[a]	6.57±0.68[b]	6.30±0.88[b]
4	5.80±1.03[bc]	4.13±1.41[bc]	5.77±1.07[b]	5.83±1.26[b]	6.10±1.40[b]	5.73±1.31[c]	5.37±1.40[c]
6	5.40±1.10[cd]	3.50±1.28[c]	5.63±1.10[b]	ND	ND	ND	3.60±1.10[d]
8	5.07±1.23[d]	2.63±1.27[d]	5.23±0.97[b]	ND	ND	ND	3.00±1.05[e]

[a-e] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ND = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ เนื่องจากตัวอย่างมีความหืนจึงไม่มีการทดสอบลักษณะดังกล่าว