

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง : ปริมาณไขมัน บรรจุภัณฑ์ และ
การใช้สารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่

QUALITY OF REFORMED SEMI-DRIED SWEET PORK PRODUCT : FAT
CONTENT, PACKAGING AND USING *CARISSA CARANDAS* L. EXTRACT



สาขา... 2559
เลขทะเบียน... 148472
วันเดือนปี... 30 มี.ค. 2560

b. 1287002x
l.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวงจำกัดการศึกษานี้เท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
KMITLE-2016-AG-M-031-207

**QUALITY OF REFORMED SEMI-DRIED SWEET PORK PRODUCT:
FAT CONTENT, PACKAGING AND USING
CARISSA CARANDAS L. EXTRACT**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-AG-M-031-207

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสืบค้นเพื่อการวิจัยเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ คุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง : ปริมาณไขมัน บรรจุภัณฑ์ และการใช้ สารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่
Quality of Reformed Semi-Dried Sweet Pork Product : Fat Content, Packaging and Using *Carissa Carandas* L. Extract

นักศึกษา นางสาวสุภาพรรณ ศฤงฆาร

รหัสประจำตัว 56604035

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.คมแข พิตาสมบัติ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.มณฑินี ชีวรักษ์

ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดิ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. ผุสดี	ตั้งวชิรินทร์	
ผศ.ดร. ศศิธร	นาคทอง	
ผศ.ดร. คมแข	พิตาสมบัติ	
ผศ.ดร. มณฑินี	ชีวรักษ์	
ดร.ศุภลักษณ์	สรภักดิ์	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 25 ธันวาคม 2558

สถานที่สอบ ห้องประชุมคณะเทคโนโลยีการเกษตร (ชั้น 1 ตึกบุญนาค L)

คณบดีรับรองแล้ว

มณฑล แก่นมณี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล แก่นมณี)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิได้อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 1 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์

คุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง : ปริมาณ
ไขมัน บรรจุภัณฑ์ และการใช้สารสกัดจากมะม่วงหาว
มะนาวโห่

นักศึกษา

นางสาวสุภาพรณ ศฤงฆาร

รหัสประจำตัว

56604035

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

สัตวศาสตร์

พ.ศ.

2559

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร. คมแข พิลาสมบัติ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ผศ.ดร. มณฑินี ชีรารักษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ดร. ศุภกัญญา สรรภักดิ์

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง : ปริมาณ ไขมัน บรรจุภัณฑ์ และการใช้สารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่

การทดลองที่ 1 การศึกษาสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยแบ่งสัดส่วนไขมันออกเป็น 6 กลุ่ม การทดลอง ดังนี้สัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 บรรจุในถุงแบบสุญญากาศ เก็บที่ อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์ด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ผลการศึกษาพบว่าสัดส่วนไขมันที่เพิ่มขึ้นมีผลที่ดีต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ($P>0.05$) โดยไขมันที่เพิ่มขึ้นทำให้สี ของผลิตภัณฑ์มีความสว่างมากขึ้น ($P<0.05$) และมีสีแดงน้อยลง ($P<0.05$) แต่ทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น และน้ำหนักสูญเสียน้อยลงหลังการอบ ($P<0.05$) โดยที่ระดับไขมันร้อยละ 15 มีคุณภาพดีที่สุดในเมื่อ เปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่เติมไขมันร้อยละ 20 และ 25 ส่วนคุณภาพทางด้านเคมีเมื่อ พิจารณาถึงอายุการเก็บรักษากลุ่มการทดลองที่เติมไขมันร้อยละ 15 เกิดการออกซิเดชันชั้นของ ไขมันน้อยกว่ากลุ่มการทดลองที่เติมไขมันร้อยละ 20 และ 25 ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณา คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยประเมินจากการยอมรับได้ ของผู้บริโภค พบว่ากลุ่มการทดลองที่เติมไขมันร้อยละ 15 ได้คะแนนการยอมรับได้อยู่ในระดับ ชอบในทุกลักษณะยกเว้นด้านกลิ่นซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเล็กน้อย ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มการ ทดลองอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 ศึกษาความคงตัว และประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยมีบรรจุภัณฑ์ 2 แบบ คือ บรรจุแบบสุญญากาศ และแบบปิดผนึกด้วยความร้อนภายในมีวัตถุประสงค์เพื่อออกซิเจน เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ พบว่าคุณภาพทั้งทางด้านกายภาพ เคมี ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์พบว่าในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 ผลิตภัณฑ์หมูหวานที่บรรจุแบบมีอากาศพบการปนเปื้อนของรา นอกจากนี้คุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าทุกลักษณะที่ทำการทดสอบผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับ ได้ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบ แต่บรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศจะได้คะแนนการยอมรับสูงกว่าเล็กน้อยในทุกลักษณะ

การทดลองที่ 3 การศึกษาความสามารถของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ทดสอบการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วย agar well diffusion method โดยมีเชื้อทดสอบจำนวน 19 สายพันธุ์ ทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรีย (MBC) ผลการทดลองพบว่าสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ทดสอบได้ทุกสายพันธุ์ที่ความเข้มข้น 100 mg/ml โดยมีขนาดของเคลียร์โซนอยู่ในช่วง 10.00-30.36 มิลลิเมตร ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ยับยั้ง *Staphylococcus aureus* TISTR 118 และ *Pseudomonas fluorescens* TISTR 358 มีค่า 25 mg/ml ส่วน *Salmonella Typhimurium* และ *Escherichia coli* TISTR 780 มีค่า 50 mg/ml นอกจากนี้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการทำลายเชื้อทดสอบดังกล่าวข้างต้นมีค่า 25, 100, 50 และ 100 mg/ml ตามลำดับ

การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออก 6 กลุ่มดังนี้ (1) กลุ่มควบคุม (2) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 (3) กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1 (4) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2 (5) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ ร้อยละ 0.4 และ (6) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.6 เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ พบว่าสมิค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง ค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่น ๆ ($P>0.05$) ส่วนค่าสีพบว่ามีค่าความสว่างสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ค่าสีแดงไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) สำหรับค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) พบว่ากลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ ($P<0.05$) ถึงแม้ว่าเมื่อการเก็บรักษานานขึ้นค่า DPPH ลดลงแต่ก็ยังสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ส่วนคุณภาพทางประสาททางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับได้ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2 ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ($P<0.05$) โดยได้คะแนนความชอบ

ในด้านรสชาติ และในด้านคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบมาก เนื่องจากมีรสชาติขมจึงทำให้
ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Quality of Reformed Semi-Dried Sweet Pork Product : Fat Content, Packaging and Using <i>Carissa Carandas</i> L. Extract
Student	Miss Supapun Saringkhan
Student ID.	56604035
Degree	Master of Science
Programe	Animal Science
Year	2559
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Khomkhae Pilasombut
Thesis Co-advisor	Asst. Prof. Dr. Montinee Teerarak
Thesis Co-advisor	Dr. Supaluk Sorapukdee

ABSTRACT

The quality of reformed semi-dried sweet pork product : fat content, packaging and using *Carissa carandas* L. extract was demonstrated.

The first experiment, the study of proper fat content was tested at 0, 5, 10, 15, 20 and 25% of mixture between fat and lean meat. The products were vacuum packed and stored for 2 and 4 weeks. The properties of this product were determined during period of time. The results showed that increase in fat content good for all physical, chemical and sensory quality but there was no effect on growth both of pathogenic and spoilage microbe ($P>0.05$). Moreover, the product showed more lightness ($P<0.05$) and less redness ($P<0.05$). In addition the tenderness and texture was better, whereas the drying yield decreased ($P<0.05$). The product mixed with 15% fat showed the best color compared to the other treatments. Furthermore, the oxidation value was lowest ($P<0.05$) among 15, 20 and 25% fat ratio treatment. However, sensory test result revealed only moderate satisfaction in most aspects except the unpleasant odour ($P>0.05$).

The second experiment, the vacuum and heat-sealed with oxygen absorber package were compared for shelf life quality and consumer acceptance for 0, 2, 4, 6 and 8 weeks. There was no difference between both packages in terms of physical and chemical properties, microbial contamination and sensory evaluation. Even though fungi contamination was observed from heat-sealed package stored at 6 and 8 weeks and vacuum package was more acceptance by consumer than heat-sealed package ($P>0.05$).

The third experiment, this study was to investigate antibacterial activity of *C. carandas* L. crude extract against pathogenic and spoilage bacteria related to meat. The *in vitro* properties of antibacterial activity using agar well diffusion method against 19 tested strains, minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) were carried out. It was found that *C. carandas* extract displayed inhibitory activity against all 19 bacterial strains. The results showed that *C. carandas* extract (100 mg/ml) revealed antibacterial activity against all 19 strains of both pathogenic and spoilage bacteria and the size of clear zone was between 10.00-30.36 mm. Antibacterial activity of the lowest concentration at 6.25 mg/ml did not inhibit any tested bacterial strains. The MIC of *C. carandas* extract to inhibit *Staphylococcus aureus* TISTR 118 and *Pseudomonas fluorescens* TISTR 358 was at 25 mg/ml and *Salmonella* Typhimurium and *Escherichia coli* TISTR 780 was at 50 mg/ml. The MBC of those bacteria were 25, 100, 50 and 100 mg/ml respectively.

The fourth experiment, the effect of *C. carandas* L. crude extract in ready-to-eat semi-dried sweet pork quality during storage time at 0, 2, 4, 6 and 8 weeks. The experiments were studied in 6 treatments as follow : (1) control (no additive), (2) BHT 0.02%, (3) Potassium sorbate 0.1%, (4) crude extract at 0.2%, (5) crude extracts 0.4% and (6) crude extracts 0.6%. There was no significant difference ($P>0.05$) in drying yield percentage, moisture content, water activity of treatment with different concentration of *C. carandas* crude extract compared to control. However, the lightness value was higher than control ($P<0.05$) while there was no different in redness ($P>0.05$). The DPPH value increased in *C. carandas* crude extract treatment even with longer storage compared to other treatments. On the contrary, the lowest crude extract at 0.2% mixed in the product was rejected in both flavor and overall quality by panelists because of the bitterness. ($P<0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.คมแหง พิลาสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร. สุภลักษณ์ สรภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง และผศ.ดร. มณทิณี ชีรารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ที่ได้กรุณาให้ความรู้ในการทำวิจัย และกรุณาแนะนำแนวทาง ช่วยชี้แนะให้ทำวิจัย และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินงานได้อย่างถูกต้อง และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่วางไว้ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ผุสดี ตั้งวัชรินทร์ และผศ.ดร. ศศิธร นาคทอง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนโอกาสในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ เพื่อนนักศึกษาปริญญาโท น้อง ๆ นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ทุกคน คุณอังคณา ทุมดี และบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน คอยอำนวยความสะดวกในทุก ๆ เรื่อง และให้กำลังใจเสมอ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนคุณครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ และประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

คุณค่า และประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ทุกท่านที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ต่อไป

นางสาวสุภาพรรณ ศฤงฆาร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	IV
กิตติกรรมประกาศ.....	VI
สารบัญ.....	VII
สารบัญตาราง.....	XI
สารบัญภาพ.....	XIV
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญ และที่มา.....	1
1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สถานที่ดำเนินการ.....	3
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
1.5 ระยะเวลาของการศึกษา.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ลิขิต.....	5
2.1.1 ชนิดของไขมัน.....	5
2.1.2 กรดไขมัน (fatty acid).....	6
2.1.3 บทบาทของลิขิตในเนื้อสัตว์.....	6
2.2 ปฏิกริยาการเกิดการออกซิเดชันของไขมัน.....	7
2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดออกซิเดชัน.....	8
2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ.....	10
2.4.1 ลักษณะทั่วไปของสารต้านอนุมูลอิสระ.....	10
2.4.2 แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants).....	12
2.5 ความสำคัญของจุลินทรีย์ในอาหาร.....	15
2.5.1 จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic microorganisms).....	15
2.5.2 จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Spoilage microorganisms).....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 2.5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.....

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 มะม่วงหาวมะนาวโห่ (<i>Carissa carandas</i> L.)	17
2.6.1 ลักษณะทั่วไปของมะม่วงหาวมะนาวโห่	17
2.6.2 คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ	18
2.6.3 คุณสมบัติในการเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์	21
2.7 ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food)	22
2.8 มาตรฐานการผลิตภัณฑ์ชุมชน-กุนเชียง	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	26
3.1 สารทดสอบ	26
3.2 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ	27
3.3 อุปกรณ์ และเครื่องมือ	28
3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ และสารเคมี	29
3.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย	35
3.5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง	35
3.5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของ ผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน	41
3.5.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากมะม่วงหาว- มะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร	41
3.5.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อ คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทาง โภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง	43
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	45
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง	47
4.1 ศึกษาสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง โลกยุคใหม่ใส่ใจใส่ใจประโยชน์ได้ 47 การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.1 ผลของสัดส่วนไขมันต่อคุณภาพด้านกายภาพ.....	47
4.1.2 ผลของสัดส่วนไขมันต่อคุณภาพด้านเคมี.....	55
4.1.3 ผลของสัดส่วนไขมันต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์.....	59
4.1.4 ผลของสัดส่วนไขมันต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค.....	63
4.2 ศึกษาความคงตัว และประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูป กึ่งแข็งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน.....	67
4.2.1 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพด้านกายภาพ.....	67
4.2.2 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพด้านเคมี.....	71
4.2.3 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์.....	72
4.2.4 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค.....	75
4.3 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญ ของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร.....	79
4.3.1 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งแบคทีเรียกลุ่มที่ก่อให้เกิด โรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร โดยวิธี agar well diffusion method (19 สายพันธุ์).....	79
4.3.2 ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการยับยั้ง การเจริญของเชื้อทดสอบ โดยศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง แบคทีเรีย (MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรีย (MBC).....	83
4.4 ศึกษาผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง.....	85
4.4.1 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านกายภาพ.....	85
4.4.2 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านเคมี.....	96
4.4.3 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์.....	103
4.4.4 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผู้บริโภค.....	106
4.4.5 ผลของสารมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทาง โภชนาการ.....	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	109
5.1 สรุปผลการทดลอง	109
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	110
บรรณานุกรม	111
ภาคผนวก.....	122
ภาคผนวก ก.....	123
ภาคผนวก ข.....	128
ภาคผนวก ค.....	137
ภาคผนวก ง.....	141
ประวัติผู้วิจัย.....	143



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อดีและข้อเสียของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ	15
3.1 คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่	26
3.2 แบบทดสอบที่เรียกดสอบ อาหารที่ใช้เลี้ยง และอุณหภูมิสำหรับการเจริญของแบคทีเรีย.....	27
3.3 สูตรหมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งที่ใช้ในการทดลอง	35
4.1 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) ต่อค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% drying yield) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง.....	48
4.2 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าสี (colour) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง.....	50
4.3 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง.....	53
4.4 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis, TPA) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง	54
4.5 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความชื้น (moisture content) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง.....	57
4.6 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าแอกติวิตีวอเตอร์ (water activity, a_w) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง.....	57
4.7 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs) (mg MDA/kg meat) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง.....	58
4.8 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง.....	61
4.9 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อจำนวน Coliform และ <i>E. coli</i> (MPN/g) ในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง.....	62
4.10 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง.....	65
4.11 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง ค่าความชื้น และค่าแอกติวิตีวอเตอร์ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.12 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าสี (colour) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน	70
4.13 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน	71
4.14 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs) (mg MDA/kg meat) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน.....	72
4.15 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด <i>S. aureus</i> และยีสต์รา ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน	74
4.16 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อ Coliform และ <i>E. coli</i> (MPN/g) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน	75
4.17 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อประเมินความชอบของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้ง ในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน.....	78
4.18 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งแบคทีเรียกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร โดยวิธี agar well diffusion method	81
4.19 ระดับความเข้มข้นของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการยับยั้งแบคทีเรีย (MIC) และการฆ่าแบคทีเรีย (MBC)	84
4.20 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์แห้ง (%drying yield) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้ง	85
4.21 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าสี (colour) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้ง	87
4.22 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความสดสี (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้ง.....	90
4.23 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้ง	91
4.24 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัส โดยรวม (Texture Profile Analysis) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชิ้นรูปกึ่งแห้ง.....	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.25 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง	97
4.26 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความชื้น (moisture content) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง	98
4.27 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าแอดเวอร์แซกตีวิตี (a_w) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง	99
4.28 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าการกำจัดอนุมูลอิสระด้วย DPPH ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง	102
4.29 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง	104
4.30 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อจำนวน Coliform และ <i>E. coli</i> (MPN/g) ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง	105
4.31 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง	107
4.32 องค์ประกอบทางเคมี และพลังงานของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง	108

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างทางเคมีของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์.....	14
2.2 ผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่.....	18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มา

เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์นับว่าเป็นอาหารประเภท โปรตีนและสารอาหารอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ เช่น กรดอะมิโนจำเป็น กรดไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ เป็นต้น ปัจจุบันพบว่าผู้บริโภคมีการบริโภคอาหารประเภท โปรตีนเนื้อสัตว์มากขึ้น (Olmedilla-Alonso *et al.* 2013) ในปี 2555 การบริโภคเนื้อสุกรของโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องมีปริมาณรวม 103.79 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2554 ซึ่งมีปริมาณ 101.58 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 2.17 สำหรับประเทศไทยพบว่าการบริโภคเนื้อสุกรสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน (สมาคมผู้ผลิตและแปรรูปสุกรเพื่อการส่งออก. ไม่ระบุปีที่พิมพ์) ทำให้ธุรกิจเนื้อสัตว์มีการขยายตัวมากขึ้น ปัญหาที่ตามมา คือทำให้มีเศษเนื้อที่เหลือจากการตัดแต่ง และชิ้นส่วนที่เหลือจากการขายมากขึ้นเศษเนื้อเหล่านี้ต้องขายในราคาต่ำ ถ้าเก็บไว้ทำให้มีต้นทุนการเก็บในเรื่องห้องเย็นหรือตู้แช่แข็งส่งผลให้ผู้ประกอบการสูญเสียรายได้ และผลกำไร จุฬารัตน์ เศรษฐกุล และพรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ (2556) กล่าวไว้เพื่อประโยชน์ในการนำเนื้อสัตว์มาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จึงมีการเกรดเนื้อตามส่วนประกอบของ โปรตีนและไขมันที่มีอยู่ในเนื้อ โดยสามารถแบ่งเกรดเนื้อสุกรออกเป็น 5 เกรด คือ SI-SV ดังนี้ SI เป็นเนื้อสุกรไม่มีเอ็น มีไขมันร้อยละ 5 ได้จากเนื้อสะโพก และเนื้อไหล่เป็นส่วนใหญ่, SII เป็นเนื้อสุกรที่ไม่ติดเอ็น และพังคืด มีไขมันร้อยละ 10 ได้จากชิ้นส่วนแต่งของเนื้อสะโพก เนื้อไหล่ และเนื้อต้นคอ, SIII เป็นเนื้อสุกรที่เลาะเอาเอ็น และพังคืดออกไปบางส่วน มีไขมันร้อยละ 26 ได้จากชิ้นส่วนตัดแต่งของเนื้อติดคอ เนื้อกระบังลม และเนื้อไหล่, SIV เป็นเนื้อสามชั้นที่มีไขมันร้อยละ 30 มีปริมาณเนื้อแดงสูง และ SV เป็นเนื้อสามชั้นที่ไม่ติดหนังมีไขมันร้อยละ 50 ดังนั้นจึงมีวิธีการกำจัดชิ้นส่วนหรือเศษเหลือจากการตัดแต่งโดยการนำไปแปรรูปในแบบต่าง ๆ เช่น หมูหวาน หมูแผ่น กุนเชียง เป็นต้น เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า

อย่างไรก็ตามมักพบปัญหาเรื่องการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ซึ่งนับว่าเป็นปัญหาใหญ่ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์มักเกิดจากปัจจัยหลัก ๆ 2 ปัจจัย ได้แก่ (1) การปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรคซึ่งอาจส่งผลโดยตรงต่อผู้บริโภค (2) การเสื่อมเสียเนื่องจากการเหม็นหืน และการสูญเสียคุณสมบัติทางด้านการบริโภค เนื่องจากเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง ทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมัน และ โปรตีน ส่งผลให้เกิดการเหม็นหืน เกิดการเสื่อมเสียทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านสี กลิ่น และรสชาติ (สุเมธชา วัฒนสินธุ์. 2549 ; วิชชุตา ตั้งซ์แก้ว. 2552 ; Prenesti *et al.* 2007)

ปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญในการบริโภคอาหารที่ดีต่อสุขภาพ ลดการใช้สารเคมี และนำสารที่ได้จากธรรมชาติมาทดแทนการใช้สารเคมี (Karre *et al.* 2013) ทำให้ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารได้มีความพยายามคัดเลือกสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติเพื่อมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารนอกจากจะได้ประโยชน์ต่อสุขภาพในแง่ของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแล้วยังมีประโยชน์ทางด้านคุณภาพอาหาร (Naveena *et al.* 2008) ได้มีรายงานการใช้พืชบางชนิดที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และสารกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compound) ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ ได้แก่ สารสกัดจากผลองุ่นขาว สารสกัดจากผลไม้กลุ่มเบอร์รี่ และสมุนไพรต่างๆ โดยเติมลงไปในส่วนผสมผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (Nissen *et al.* 2004 ; Olmedilla-Alonso *et al.* 2013)

มะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas*) มีชื่อสามัญคือ Karanda, Carunda และ Christ's thorn (Maheshwari *et al.* 2012) จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าสารสกัดของมะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นผลไม้ที่อุดมด้วยธาตุเหล็ก และวิตามินซี (Vitamin C) (Singh and Uppal. 2015) มีการใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับผู้ขาดวิตามินซี ดังผู้ป่วยเป็นโรคเลือดออกตามไรฟัน และบางครั้งสำหรับผู้ป่วยเป็นโรคโลหิตจาง (anaemia) (ศกุนกานต์ สิมลา และคณะ. 2556) นอกจากนี้ยังพบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นผลไม้ที่มีสารออกฤทธิ์ชีวภาพ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในปริมาณมาก โดยเฉพาะผลสุก (วชิราภรณ์ สีว่อง และคณะ. 2556)

ลักษณะโดยทั่วไปของหมูหวานตามท้องตลาดผลิตมาจากเนื้อหมูที่เป็นชิ้น หรือเนื้อหมูสามชั้น นำมาทำการลดขนาดให้เป็นชิ้นเล็กๆ และมีรสชาติหวาน มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 2 เดือน การทำวิจัยครั้งนี้คือ ผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งได้นำเนื้อไหล่ผสมรวมกับไขมันจำนั้นำไปบดเพื่อลดขนาด และนำมาขึ้นรูปใหม่ให้เป็นแผ่นเพื่อให้รูปแบบน่ารับประทานขึ้น สาเหตุที่ไม่นำเสนอเนื้อมาทำการศึกษานี้เนื่องจากในการทำวิจัยต้องการความสม่ำเสมอของงานวิจัย และความถูกต้องในการศึกษา จึงจำเป็นต้องใช้เนื้อและไขมันในสัดส่วนที่ชัดเจน

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาปริมาณไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง รวมถึงประเมินอายุการเก็บรักษา และการนำสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มาใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพ และเพื่อประโยชน์ในด้านสุขภาพต่อผู้บริโภค ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากการบริโภคเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมิ จุลินทรีย์ และประสาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของงานวิจัย การนำเอกสารไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย

2. เพื่อศึกษาความคงตัว และประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน
3. เพื่อศึกษาความสามารถของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร
4. เพื่อศึกษาผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง

1.3 สถานที่ดำเนินงาน

1. ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์เนื้อสัตว์ ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง
2. ศึกษาความคงตัว และประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน
3. ศึกษาความสามารถของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร
4. ศึกษาผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง

1.5 ระยะเวลาการศึกษา

ใช้เวลาในการศึกษาทั้งสิ้น 24 เดือน เริ่มทำการศึกษาตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556 เสร็จสิ้นการศึกษาเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งและ
- เอกสารเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทราบถึงบรรจุกุณธ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง
3. ทราบถึงความสามารถของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร
4. ทราบถึงผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลิพิด

ลิพิดในเนื้อสัตว์แต่ละชนิดต่างกันมากทั้งปริมาณ และชนิด ซึ่งความต่างนี้จะมีผลอย่างมากในการประกอบอาหารและคุณภาพของอาหาร โดยเฉพาะในด้านกลิ่นรส ความชุ่มฉ่ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส ลักษณะของอิมัลชัน ความคงตัวของโปรตีน และอายุการเก็บรักษา ลิพิดของเนื้อสัตว์มีกลิ่น หินได้ง่ายทำให้ไม่สามารถเก็บได้นาน ฟอสโฟลิพิด และ โคลีสเตอรอลมีความสำคัญต่อโครงสร้างและการทำงานของเซลล์ ซึ่งอนุภาคที่อยู่ในเซลล์น้ำมันหรือไขมันจะเป็นแหล่งของกรดไขมัน เพื่อให้เกิดพลังงานภายในเซลล์กล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังเป็นตัวกำหนดลักษณะของกล้ามเนื้อด้วย เมื่อเซลล์ไขมันมีจำนวนมากจะสามารถมองเห็นเป็นเนื้อไขมันแทรกอยู่ในกล้ามเนื้อ (marbling) กรดไขมันในเนื้อสัตว์แต่ละชนิดก็แตกต่างกันมาก ทำให้คุณภาพอาหาร คุณภาพการรับประทาน และการเก็บรักษาแตกต่างกันไป (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538) สัตว์ที่ไม่ได้เลี้ยงเอื้องกรดไขมันในอาหารจะเป็นตัวกำหนดชนิดของไขมันในเนื้อเยื่อ ส่วนสัตว์เลี้ยงเอื้องสามารถให้นมหรือให้เนื้อที่มีกรดไขมันชนิดพหุระตุ้มมาก ๆ ได้ กรดไขมันในเนื้อสัตว์เลี้ยงเอื้องส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัว ฟอสโฟลิพิดในเนื้อโค และเนื้อแกะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าเนื้อหมู แต่ยังมีน้อยกว่าเนื้อไก่ (Pomeranz, 1991 ; Koakowska and Sikorski, 2010)

2.1.1 ชนิดของไขมัน

1. ไขมันธรรมดา (simple lipids) ได้แก่ เอสเทอร์ของกรดไขมัน กับแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ถ้าแอลกอฮอล์นั้นเป็นกลีเซอรอล ไขมันนี้จะเรียกว่า เอซิลกลีเซอรอล (acylglycerol) หรือกลีเซอไรด์ (glyceride) ซึ่งถ้าอยู่ในสภาพของเหลวก็จะเป็นน้ำมัน (oil) แต่ถ้าอยู่ในสภาพของแข็งจะเรียกว่าไขมัน (fat)

2. ไขมันประกอบ (compound lipids) ได้แก่ ไขมันธรรมดาที่มีสารอื่นเพิ่มขึ้น มีอยู่

3 ชนิด

- ฟอสโฟลิพิด (Phospholipid) พบมากทั้งในพืช และสัตว์เป็นส่วนประกอบสำคัญของเซลล์ เนื่องจากสารนี้ประกอบด้วยกลีเซอรอลกรดไขมัน 2 โมเลกุล คือ ฟอสเฟต และแอลกอฮอล์ บางครั้งจึงเรียกสารนี้ว่า ฟอสโฟกลีเซอไรด์ (phosphoglyceride)

- ไกลโคลิพิด (glycolipid) พบมากในเซลล์สมอง และเส้นประสาทประกอบด้วย

กรดไขมัน คาร์โบไฮเดรต และแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไลโปโปรตีน (lipoprotein) เป็นไขมันที่มีโปรตีนจับอยู่ด้วย ทำหน้าที่เป็นตัวขนส่งไขมันในเลือด และเป็นส่วนประกอบของเยื่อเซลล์

3. อนุพันธ์ไขมัน (derived lipids) คือลิพิดที่ได้จากการแตกตัวของลิพิดธรรมดาหรือลิพิดประกอบ ได้แก่ กรดไขมัน กลีเซอรอล คอเลสเตอรอล และแอลกอฮอล์อื่น ๆ เป็นต้น (นัยนา บุญทวีวัฒน์. 2553 ; Gunstone. 1999)

2.1.2 กรดไขมัน (Fatty acid)

กรดไขมัน เป็นกรดอินทรีย์ที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มีสูตรโครงสร้างเป็น $R - COOH$ ลักษณะสูตรโครงสร้างของไขมันประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นคาร์บอกซิล ($COOH$) และอีกส่วนจะเป็นห่วงโซ่คาร์บอน (R) กรดไขมันมีอยู่หลายชนิด ทุกชนิดจะมีคาร์บอกซิลอยู่หนึ่งหน่วยเหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างกันคือลักษณะทางเคมีส่วนของโซ่คาร์บอน ทำให้กรดไขมันมีชื่อแตกต่างกันไป สามารถแบ่งกรดไขมันออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีโครงสร้างอะตอมคาร์บอนและไฮโดรเจนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเดี่ยวตลอดสาย กรดไขมันชนิดนี้พบมากในไขมันสัตว์ น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่บนโครงสร้างคาร์บอน การมีพันธะคู่อาจมีมากกว่า 1 ตำแหน่ง การมีพันธะคู่อยู่มากจะทำให้ไขมันเหม็นหืนได้ง่ายเมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศ แต่พบว่าน้ำมันสัตว์มีกลิ่นหืนเร็วกว่าน้ำมันพืชทั้ง ๆ ที่น้ำมันพืชมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่า เนื่องจากน้ำมันพืชมีวิตามินอี ซึ่งเป็นสารป้องกันการเติมออกซิเจนอยู่แล้วตามธรรมชาติ (สุนีย์ สหัส โพร. 2543 ; Stolyhwo. 2007 ; Gunstone. 1999 ; Kolakowska and Sikorski. 2010)

2.1.3 บทบาทของลิพิดในเนื้อสัตว์

1. ทำให้เกิดสี

ลิพิดในเนื้อสัตว์มักอยู่ร่วมกับโปรตีน เมื่อลิพิดเกิดการเติมออกซิเจนจะมีผลทำให้เหล็กเฟอร์รัสในไมโอโกลบินเกิดการเติมออกซิเจน และเปลี่ยนไปเป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ทำให้เนื้อสัตว์เปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล (Pomeranz. 1991) และสารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่จากฮีโมโกลบินจะช่วยเร่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้น ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคไม่ค่อยยอมรับ

2. ทำให้อาหารเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อ

เมื่อเก็บเนื้อสัตว์ไว้นาน ๆ ปริมาณกรดไขมันอิสระจะเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้โปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพ ลักษณะเนื้อ และความสามารถในการอุ้มน้ำเสียไป การเพิ่มปริมาณ

เอกสกรัดไขมันอิสระเป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์ไลโซโซมัลไลเปส (lysosomal lipase) การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และฟอสโฟไลเปส เอ (phospholipase A) การแตกตัวของกรดไขมันจะเกิดเร็วขึ้นมากในกล้ามเนื้อเนื้อสัตว์ เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นน้ำมันและไหลออกมา ขณะเดียวกันกรดไขมันที่ให้กลิ่นก็ระเหยออกไป

3. ทำให้อาหารมีกลิ่นผิดปกติ

กลิ่นผิดปกติที่เกิดในอาหารมีสาเหตุมาจาก 3 ประการคือ ประการแรกเป็นกลิ่นที่เกิดจากสารที่มีอยู่แล้วในลิปิด ประการที่สองเป็นกลิ่นที่มาจากสารที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ และประการที่สามเป็นกลิ่นของสารที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี สารฟอสโฟลิปิดทำให้อาหารจากเนื้อสัตว์มีกลิ่นผิดปกติได้ถึงแม้ว่าเนื้อสัตว์นั้นจะมีไขมันต่ำ (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538)

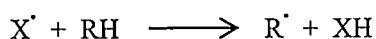
2.2 ปฏิริยาการเกิดการออกซิเดชันของไขมัน

การเกิดการออกซิเดชันของไขมันเป็นอีกหนึ่งสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เกิดการเสื่อมเสีย มักเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูป การให้ความร้อน และการเก็บรักษา เป็นต้น (Wong *et al.* 2002 ; Shahid *et al.* 2008) การเกิดการหืนในเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์สาเหตุเนื่องมาจากการแตกตัวของสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ ลดการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และอายุการเก็บรักษาลดลง (Kolakowska. 2002)

ปฏิริยาการออกซิเดชันของไขมัน เป็นปฏิริยาที่สามารถเกิดขึ้นได้เอง (autooxidation) โดยปฏิริยาจะเกิดขึ้นที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ยิ่งถ้ามีพันธะคู่มากปฏิริยาออกซิเดชันก็จะยิ่งเกิดเร็วมากขึ้นด้วย ปฏิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิริยาแบบลูกโซ่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจน และอนุมูลอิสระ (free radical) เกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroper-oxide) สารเปอร์-ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้จะสลายตัวเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็ก ๆ ที่ทำให้มีกลิ่นหืน และเกิดเป็นอนุมูลอิสระที่เริ่มต้นของปฏิริยาลูกโซ่ต่อไปได้อีก (Gordon. 2001) โดยกลไกการเกิดปฏิริยาออกซิเดชันของไขมัน สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ปฏิริยาขั้นเริ่มต้น (Initiation)

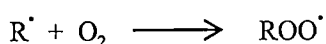
เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ ที่เรียกว่าอนุมูลอัลคิล (alkyl radical, R[•]) เป็นปฏิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจน โดยมีความร้อน แสง รังสี อีออนของโลหะ เป็นต้น ปฏิริยาขั้นเริ่มต้นที่กล่าวมาอาจเกิดขึ้นโดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจนเพียงแค่มีสัมผัสปฏิริยาเช่น แสง อุณหภูมิและอนุมูลโลหะ เป็นต้น ก็เพียงพอที่จะทำให้ปฏิริยาเกิดขึ้นได้ (Nawar. 1996 ; Yanishlieva-Maslarova. 2001 ; Wong *et al.* 2002)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปฏิกริยาขึ้นต่อเนื่อง (propagation)

เป็นปฏิกริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกริยาขั้นต้น ทำปฏิกริยากับออกซิเจน เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซิล (peroxyl radical, ROO[•]) และอนุมูลเปอร์ออกซิลที่เกิดขึ้นนี้จะทำปฏิกริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้เกิดสารเปอร์ออกไซด์ (ROOH) และอนุมูลอิสระ (R[•])



ซึ่งสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ROOH) ที่เกิดขึ้น เป็นสารที่ไม่เสถียร สามารถแตกตัวเปลี่ยนไปเป็นอนุมูลอิสระอื่น ๆ ที่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกริยาแบบเดิมไปเรื่อย ๆ เป็นแบบลูกโซ่ (Gordon. 2001 ; Reische *et al.* 2002)

3. ปฏิกริยาขั้นสุดท้าย (termination)

เป็นปฏิกริยาสุดท้ายที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (non-radical products) โดยเป็นขั้นที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น เกิดการรวมตัวกันในรูปต่าง ๆ ทำให้เกิดสารที่มีความคงตัว และทำให้ปฏิกริยาลั้นสุดลงไม่เกิดปฏิกริยาต่อไป (นิพนธ์ ลิ้มสงวน: 2547 ; Gordon. 2001)



ในระหว่างที่มีการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน คุณภาพของไขมันจะค่อย ๆ เสื่อมลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้นมาก และสารประกอบที่ระเหยได้ (volatile compounds) เช่น แอลดีไฮด์ (aldehydes) คีโตน (ketones) กรดต่าง ๆ (acids) และแอลกอฮอล์ (alcohols) เป็นต้น (Kolakowska. 2002)

2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดออกซิเดชัน

เนื่องจากไขมันที่อยู่ในอาหารมีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันชนิดต่าง ๆ มากมาย ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี รวมทั้งความไวต่อการเกิดออกซิเดชันนอกจากนั้น ส่วนประกอบอื่น ๆ ในอาหารอาจทำหน้าที่รวมออกซิไดซ์ (cooxidized) หรือทำปฏิกริยากับไขมันที่

ถูกออกซิไดส์แล้ว หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการออกซิเดชัน (นิธิยา รัตนาปนนท์: 2548) ดังนั้นการคำนวณว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมันจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และค่อนข้างสลับซับซ้อน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดออกซิเดชัน มีดังนี้ (Gordon, 2001)

1. ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ

เนื่องจากชนิดไขมันในโมเลกุลของไขมัน และน้ำมันมีผลกระทบต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาจะแตกต่างกัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากจะเกิดได้เร็วกว่ากรดไขมันที่อยู่ในรูปซิสไอโซเมอร์ (cis-isomer) เกิดออกซิไดส์ได้เร็วกว่า ทรานซ์-ไอโซเมอร์ (tran-isomer) และตำแหน่งที่เป็นพันธะคู่ (conjugated double bond) (Gunstone, 1999) จะเกิดปฏิกิริยาได้ไวกว่าตำแหน่งที่ไม่เป็นพันธะคู่ การเก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิห้อง กรดไขมันชนิดอิ่มตัวจะไม่เกิดออกซิเดชัน จะเกิดเฉพาะกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้น แต่ที่อุณหภูมิสูง กรดไขมันชนิดอิ่มตัวก็อาจเกิดออกซิเดชันได้บ้าง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

2. กรดไขมันอิสระ

กรดไขมันที่อยู่ในรูปอิสระจะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายกว่ากรดไขมันที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ (ester) กับกลีเซอรอล (glycerol) (Stolyhwo, 2007)

3. ความเข้มข้นของออกซิเจน

ในภาวะที่มีออกซิเจนมาก อัตราการเกิดออกซิเดชันจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน แต่ในภาวะที่มีออกซิเจนน้อยอัตราการเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน โดยถ้ามีความเข้มข้นของออกซิเจนในระดับที่สูงจะเพิ่มอัตราการเกิดออกซิเดชันในเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (Lund *et al.* 2007) อย่างไรก็ตาม ไรก็ตามผลของออกซิเจน ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย เช่น อุณหภูมิ และพื้นที่ผิวสัมผัสกับออกซิเจน

4. อุณหภูมิ

อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อความดันย่อยของออกซิเจนด้วย เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนความดันย่อยของออกซิเจนจะมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่ออัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชัน เพราะการละลายของออกซิเจนในไขมันและน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

5. พื้นที่ผิว

อัตราเร็วของออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วน โดยตรงต่อพื้นที่ผิวของไขมันที่สัมผัสกับอากาศ ดังนั้น หากอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเพิ่มขึ้นการเกิดออกซิเดชันจะเร็วขึ้น สำหรับที่เป็นอิมัลชัน (emulsion) ชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water) การเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนเข้าไปยังส่วนที่เป็นน้ำมัน

6. ความชื้น

อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันขึ้นอยู่กับค่า water activity (a_w) อาหารแห้งที่มีความชื้นต่ำมาก (a_w น้อยประมาณ 0.1) ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นประมาณ 0.3 จะยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อค่า a_w เพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 0.55-0.85 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากมีปริมาณน้ำมากพอที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคะตะลิสต์ (catalyst) และออกซิเจน

7. สารต้านออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านออกซิเดชันจะช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ซึ่งมีทั้งสารต้านออกซิเดชันในธรรมชาติ เช่น วิตามินอีในน้ำมันพืช และสารต้านออกซิเดชันที่เป็นสารสังเคราะห์และอนุญาตให้เติมลงในอาหารได้ เช่น โพรพิลแกลเลต (propyl gallate) บิวทิลเลตไฮโดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisole, BHA) และ บิวทิลเลตไฮโดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene, BHT) เป็นต้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545 ; Devaltkal and Naveena, 2010) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์มักเกิดการออกซิเดชันของไขมันและโปรตีนได้ง่าย ดังนั้นการใช้สารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จึงสามารถช่วยชะลอการเหม็นหืน และยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น (Karre *et al.* 2013) รวมถึงการทราบสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมก็สามารถช่วยชะลอการเหม็นหืน และยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น

2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ

2.4.1 ลักษณะทั่วไปของสารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ หมายถึง อะตอมหรือ โมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดที่ไม่เป็นคู่อย่างน้อย 1 ตัว (Halliwell *et al.* 1995) อนุมูลอิสระเกิดขึ้นได้เมื่อพันธะระหว่างอะตอมแตกออก ทำให้อนุมูลอิสระไม่เสถียร และไวต่อการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในร่างกายอย่างรวดเร็ว ภายในเซลล์อนุมูลอิสระส่วนใหญ่เกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจนไปยังโมเลกุลของน้ำ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า reactive oxygen species (ROS) สารกลุ่มนี้ ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion, $^{\circ}\text{O}_2$) และอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, $^{\circ}\text{OH}$) อนุพันธ์ของออกซิเจนบางตัวได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) และไฮโปคลอไรต์ (hypochlorous, HOCl) นอกจากนี้ยังมีกลุ่มของสารที่เรียกว่า reactive nitrogen species (RNS) ที่สำคัญได้แก่ เปอร์ออกซิไนไตรท์ (peroxynitrite, ONOO $^{\circ}$) และไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO $^{\circ}$) เป็นต้น ทั้งกลุ่มของ ROS และ NOS จัดเป็นแหล่งของอนุมูลอิสระที่สำคัญของร่างกาย (Yanishlieva-Maslarova, 2001 ; Kalyanaraman and Gutterman, 2003 ; Halliwell, 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารที่ทำหน้าที่ป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้ถึงแม้จะใช้ในปริมาณที่น้อย (Halliwell. 2009) โดยสารเหล่านี้มีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น คักจับอนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับ โลหะเพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ (เจนจิรา จิรัมย์ และ ประสงค์ สีหานาม. 2554 ; Halliwell. 2009) สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารประกอบที่ทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Chattopadhyay *et al.* 2010) โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระสามารถพบได้ในธรรมชาติจากสารหลาย ชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สารในกลุ่มวิตามินซี สารประกอบไนโตรเจน (nitrogen compounds) และแคโรทีนอยด์ (carotenoid) (Frankel and Meyer. 2000 ; Jeong *et al.* 2004) บทบาทสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระคือ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ปัจจุบันองค์กรที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมอาหารและยา ได้พยายามพัฒนา และค้นหาแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา สาหร่ายทะเล และพืชชั้นสูง (Chattopadhyay *et al.* 2010) อย่างไรก็ตามในภาวะปกติร่างกายของมนุษย์เราจะมีสารป้องกันการสะสมของสารอนุมูลอิสระอยู่แล้ว ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเกิดจากร่างกายสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาเพื่อควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในสภาวะที่สมดุล ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกาย เช่น เอนไซม์คะตะเลส (catalase) ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase) กลูตาไธโอนเพอรอกซิเดส (glutathione peroxidase) หรือ สารประกอบโปรตีนบางอย่าง เช่น อัลบูมิน (albumin) ทรานส์เฟอร์ริน (transferrin) บิลิรูบิน (bilirubin) กลูตาไธโอน (glutathione) เซอรูโลพลาสมิน (ceruloplasmin) ยูบิควินอล (ubiquinol) และยูเรต (urate) เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้มีหน้าที่คอยควบคุมอนุมูลอิสระต่าง ๆ ให้อยู่ในระดับพอเหมาะ แต่ถ้าเมื่อใดที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในปริมาณมากเกินไปที่ระบบป้องกันจะยับยั้งได้หมดจะทำให้เนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายเกิดการสะสมซึ่งถ้าสะสมมาก ๆ อาจนำไปสู่ความผิดปกติหลายอย่าง (Shapoval and Gromovaia. 2003) และส่วนที่สองคือ กลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้มาจากอาหาร เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี หรือ เบต้าแคโรทีน (β -carotenoid) รวมทั้งสารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งเป็นพฤษเคมีที่พบได้หลากหลายในหลายส่วนของพืช ผัก สมุนไพร และผลไม้ เช่น ผล ใบบ เมล็ด และน้ำมัน เป็นต้น (Jeoung *et al.* 2004)

คุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี คือ ต้องไม่มีโทษต่อร่างกาย ไม่ทำให้ไขมัน น้ำมัน หรืออาหารที่เติมสารต้านออกซิเดชันมีสี กลิ่น และรสชาติเปลี่ยนไป ให้ผลในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ความเข้มข้นต่ำ ละลายได้ดีในไขมัน และน้ำมัน ทนต่อกระบวนการแปรรูปอาหาร นอกจากนี้ยังต้องหาซื้อได้ทั่วไป และมีราคาถูก (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)

2.4.2.1 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์เป็นสารที่ผลิตขึ้นทางเคมีเพื่อป้องกันการหืน ได้มีการพัฒนา และใช้ประโยชน์จากสารที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในผลิตภัณฑ์ที่เป็นอาหาร และไม่ใช่อาหารหลายชนิด เช่น ใช้ในการรักษาความคงตัวของพลาสติก และโพลีเมอร์ แต่มีสารบางชนิดเท่านั้นที่สามารถใช้ได้ ในอาหาร (Yanishlieva-Maslarova. 2001) สารต้านออกซิเดชันที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้แก่ บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีโทลูอิน หรือ บีแอสที (butylated hydroxytoluene, BHT) บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีอะนิโซล หรือ บีเอชเอ (butylated hydroxyanisole, BHA) เทอเทียรีบิวทิลไฮโดรควิโนน หรือ ทีบีเอชคว (tertiary butylhydroquinone, TBHQ) และ โพรพิลแกลเลต (propyl gallate, PG) เป็นต้น (Pin-Der *et al.* 1997) ซึ่งมีสูตร โครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.1 สารเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีสมบัติเป็นสารกันหืนได้ดีพอสมควร และไม่ทำให้เกิดสีในอาหารหรือไขมันที่เติมลงไป (นิชิยา รัตนาปนนท์. 2548) สารต้านออกซิเดชันที่นิยมใช้ในอาหารอาจใช้เพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่งหรืออาจใช้ร่วมกัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพ และความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติแต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (Yanishlieva-Maslarova. 2001)

1. Butylated hydroxytoluene (BHT)

Butylated hydroxytoluene (BHT) เป็นสารประกอบฟีนอล มีลักษณะ โครงสร้างทางเคมีคือ 2,6-bis (1,1-dimethylethyl)-4-methylphenol หรือ 3,5-di-tert butylhydroxytoluene เป็นสารสังเคราะห์ที่ใช้เป็นสารต้านออกซิเดชันของไขมัน นิยมใช้ในอาหารของมนุษย์ เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ โดย BHT จะเข้าไปหยุดปฏิกิริยา lipid peroxidation ก่อนที่อาหารจะเน่าเสีย โดยการให้ไฮโดรเจนอะตอมของกลุ่มไฮดรอกซีฟีนอล มีรายงานการใช้ BHT ในสัตว์พบว่าไม่สามารถช่วยลดน้ำตาล และยับยั้งการเกิดไขมันในหลอดเลือดได้ เมื่อใช้ BHT ปริมาณสูงทำให้เกิด ลมพิษเรื้อรัง (chronic urticarial) ปอดอักเสบ (lung inflammation) ในหนู โดย BHT เข้าไปในร่างกาย และทำให้เกิดความเป็นพิษต่อตับ ในมนุษย์การรับประทาน BHT จะส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพคือ ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ (allergic) กระทรวง สาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ BHT ได้ไม่เกิน 75 mg/kg นอกจากนี้ USDA ได้อนุญาตให้ใช้ BHT ได้ไม่เกิน 0.01 mg/kg และสามารถบริโภคได้ต่อวัน 0-0.3 mg/kg น้ำหนักตัว (Yanishlieva-Maslarova. 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)

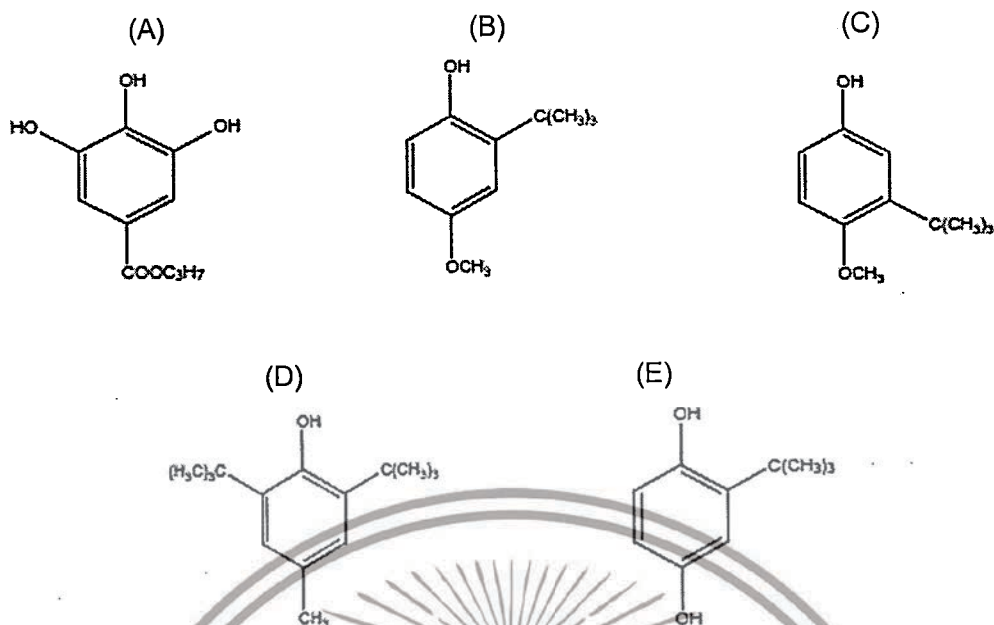
2.4.2.1 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์เป็นสารที่ผลิตขึ้นทางเคมีเพื่อป้องกันการหืน ได้มีการพัฒนา และใช้ประโยชน์จากสารที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในผลิตภัณฑ์ที่เป็นอาหาร และไม่ใช่อาหารหลายชนิด เช่น ใช้ในการรักษาความคงตัวของพลาสติก และโพลีเมอร์ แต่มีสารบางชนิดเท่านั้นที่สามารถใช้ได้ ในอาหาร (Yanishlieva-Maslarova. 2001) สารต้านออกซิเดชันที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้แก่ บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีโทลูอิน หรือ บีแอสที (butylated hydroxytoluene, BHT) บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีอะนิโซล หรือ บีเอชเอ (butylated hydroxyanisole, BHA) เทอเทียรีบิวทิลไฮโดรควิโนน หรือ ทีบีเอชคว (tertiary butylhydroquinone, TBHQ) และ โพรพิลแกลเลต (propyl gallate, PG) เป็นต้น (Pin-Der *et al.* 1997) ซึ่งมีสูตร โครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.1 สารเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีสมบัติเป็นสารกันหืนได้ดีพอสมควร และไม่ทำให้เกิดสีในอาหารหรือไขมันที่เติมลงไป (นิชิยา รัตนาปนนท์. 2548) สารต้านออกซิเดชันที่นิยมใช้ในอาหารอาจใช้เพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่งหรืออาจใช้ร่วมกัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพ และความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติแต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (Yanishlieva-Maslarova. 2001)

1. Butylated hydroxytoluene (BHT)

Butylated hydroxytoluene (BHT) เป็นสารประกอบฟีนอล มีลักษณะ โครงสร้างทางเคมีคือ 2,6-bis (1,1-dimethylethyl)-4-methylphenol หรือ 3,5-di-tert butylhydroxytoluene เป็นสารสังเคราะห์ที่ใช้เป็นสารต้านออกซิเดชันของไขมัน นิยมใช้ในอาหารของมนุษย์ เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ โดย BHT จะเข้าไปหยุดปฏิกิริยา lipid peroxidation ก่อนที่อาหารจะเน่าเสีย โดยการให้ไฮโดรเจนอะตอมของกลุ่มไฮดรอกซีฟีนอล มีรายงานการใช้ BHT ในสัตว์พบว่าไม่สามารถช่วยลดน้ำตาล และยับยั้งการเกิดไขมันในหลอดเลือดได้ เมื่อใช้ BHT ปริมาณสูงทำให้เกิด ลมพิษเรื้อรัง (chronic urticarial) ปอดอักเสบ (lung inflammation) ในหนู โดย BHT เข้าไปในร่างกาย และทำให้เกิดความเป็นพิษต่อตับ ในมนุษย์การรับประทาน BHT จะส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพคือ ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ (allergic) กระทรวง สาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ BHT ได้ไม่เกิน 75 mg/kg นอกจากนี้ USDA ได้อนุญาตให้ใช้ BHT ได้ไม่เกิน 0.01 mg/kg และสามารถบริโภคได้ต่อวัน 0-0.3 mg/kg น้ำหนักตัว (Yanishlieva-Maslarova. 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์

(A) Propyl gallate, (B) 3-Butylated hydroxyanisole, (C) 2-Butylated hydroxyanisole, (D) Butylated hydroxytoluene, (E) Tertiary butyl hydroquinone
ที่มา : Howell and Saeed (1999).

2.4.2.2 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidant)

สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจ และมีกรค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (non-nutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิก โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่น แซนโทน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชัน (functional group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นหรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล H• แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอลที่มีโครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล OH• ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชัน คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex) (Sanchez-Moreno *et al.* 2000 ; Yanishlieva-Maslarova. 2001)

สารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติได้พัฒนาขึ้นอย่างมากในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา เพราะข้อจำกัดที่เพิ่มขึ้นในการใช้สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ และเพื่อตอบสนองความต้องการ
เอ็กส...
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้บริโภคเกี่ยวกับอาหารเพื่อสุขภาพ โดยปกติผู้บริโภคชอบอาหารที่ใช้สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติมากกว่าเพราะมีความปลอดภัย ข้อดี และข้อเสียของสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อดี และข้อเสียของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ

ข้อดี	ข้อเสีย
1. เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากพิจารณาแล้วมีความปลอดภัยไม่ใช่สารเคมี	1. สารที่บริสุทธิ์จะมีราคาแพงมากและถ้าสารไม่มีความบริสุทธิ์จะทำให้มีประสิทธิภาพลดน้อยลง
2. ไม่ต้องทดสอบเรื่องความปลอดภัยตามกฎหมายถ้าเป็นสารที่ถูกพิจารณาแล้วว่าปลอดภัย (Generally Recognize as Safe; GRAS)	2. คุณสมบัติในการเตรียมสารจะแตกต่างกันถ้าสารไม่บริสุทธิ์ 3. อาจส่งผลต่อสัตว์ ธรรมชาติ หรือกลิ่นรสในอาหาร

ที่มา : คัดแปลงจาก Madhavi *et al.* (1996)

2.5 ความสำคัญของจุลินทรีย์ในอาหาร

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ช่วยขยายให้เห็นรูปร่าง ลักษณะ จุลินทรีย์จำแนกออกเป็น 6 ชนิด คือ แบคทีเรีย ยีสต์ รา โปรโตซัว สาหร่าย และไวรัส จุลินทรีย์สามารถแพร่กระจายโดยทั่วไปในธรรมชาติอย่างกว้างขวางในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญอาหารที่เราบริโภค ยากที่จะหลีกเลี่ยงจากจุลินทรีย์แม้กระทั่งในร่างกายมนุษย์และสัตว์ก็ยังมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหาร โดยมีทั้งชนิดที่เป็นประโยชน์และเป็นโทษ สำหรับการมีจุลินทรีย์แปลกปลอมปนเปื้อนในอาหารถือว่าเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา จุลินทรีย์ในอาหารก่อให้เกิดผลต่ออาหารสามารถจำแนกจุลินทรีย์ออกได้ดังนี้ (บุญศรี จงเสรีจิตต์. 2552 นุชกร ; อุดรภิชาติ. 2552)

2.5.1 จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic microorganisms)

จุลินทรีย์ในอาหาร ไม่เพียงแต่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเสื่อมคุณภาพเท่านั้น จุลินทรีย์หลายชนิดทำให้เกิดโรคมกับมนุษย์ โดยเฉพาะแบคทีเรีย ซึ่งสาเหตุของโรค และการเจ็บป่วยจากอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์มี 2 แบบ ดังต่อไปนี้

- เกิดจากสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นในอาหาร (food intoxication) คือ โรคอาหาร

เป็นพิษ (food poisoning) เกิดจากการบริโภคสารพิษ (toxin) ที่สร้างโดยจุลินทรีย์ก่อโรค เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(pathogen) สารพิษจากแบคทีเรีย ได้แก่ สารพิษจาก *Staphylococcus aureus* ซึ่งมีพิษต่อระบบทางเดินอาหาร สารพิษจาก *Clostridium botulinum* มีพิษต่อระบบประสาท และสารพิษที่สร้างจากรา (mycotoxin) เช่น อะฟาทอกซิน พบในอาหารพวก ข้าวโพด ข้าว ถั่วลิสง ข้าวฟ่าง เป็นต้น

- เกิดจากตัวเซลล์จุลินทรีย์ (food infection) ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 พวก คือ อาหารไม่ได้เป็นแหล่งให้จุลินทรีย์ก่อโรคเจริญ แต่เป็นตัวพาหะของจุลินทรีย์ก่อโรคเหล่านั้น เช่น วัณโรค คอตีบ ไทฟอยด์ อหิวาตกโรค ตับอักเสบบวม ส่วนอีกพวกหนึ่งคือ อาหารเป็นแหล่งให้จุลินทรีย์ก่อโรคเพิ่มจำนวนมากขึ้น จนเป็นพิษต่อผู้บริโภคอาหารนั้น จุลินทรีย์ก่อโรคเหล่านั้น เช่น *Salmonella* spp. และ *Vibrio parahaemolyticus* เป็นต้น (สมุณฯ วัฒนสินธุ์, 2549 ; Frazier and Weshoff, 1988 ; Adams and Moss, 2008)

2.5.2 จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Spoilage microorganisms)

จุลินทรีย์เป็นตัวการทำลายอาหารของมนุษย์ที่สำคัญที่สุด ก่อให้เกิดการสูญเสียขึ้นอย่างมหาศาล จุลินทรีย์ได้ทำลายอาหารของมนุษย์ในประเทศกำลังพัฒนาไปประมาณ 1 ใน 3 ของอาหารที่มนุษย์จัดหามาได้ ซึ่งเกิดจากการปนเปื้อน และเพิ่มจำนวนขึ้นในอาหาร แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทำให้คุณภาพอาหารเปลี่ยนไปจนไม่เป็นที่ยอมรับ จำนวนจุลินทรีย์มีผลต่อการเน่าเสียของอาหารแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของอาหาร (Ray, 2004) แต่โดยทั่วไปจำนวนจุลินทรีย์ซึ่งตรวจพบทำให้เกิดกลิ่น และรสที่ผิดปกติ ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมีจำนวนประมาณ 10^6 - 10^9 cfu/g/ml แต่ในอาหารหมัก (fermented food) จะมีปริมาณจุลินทรีย์สูงเป็นปกติแต่ไม่จัดเป็นการเน่าเสียของอาหารเพราะทำให้เกิดคุณลักษณะที่ต้องการในอาหาร ลักษณะการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์มีดังต่อไปนี้

- การเกิดกลิ่นรสผิดปกติ (off-flavour) เช่น เกิดสารระเหยที่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และรสเปรี้ยวจากกรดอินทรีย์ กลิ่นแอคทอซอล กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)
- เกิดฟองแก๊ส
- การเปลี่ยนสี แบคทีเรียบางพวกสร้างรงควัตถุ (pigment) ได้สารพวกแคโรทีนอยด์ (carotenoid) และแบคทีเรียโคลอโรฟิลล์ (bacteriochlorophyll)
- การเกิดเมือก (slime or rope formers) การเกิดเมือกที่ผิว เกิดจากแบคทีเรียที่มีแคปซูล (capsule) ซึ่งเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) เมื่อบактерีเรียเจริญเพิ่มจำนวนมากขึ้นในอาหาร ทำให้อาหารเกิดลักษณะเป็นเมือกเหนียวยืด

ความรู้ความเข้าใจในเรื่องจุลินทรีย์ และกลไกการเปลี่ยนแปลงของอาหารที่นำไปสู่การเสื่อมคุณภาพ จะช่วยให้มนุษย์หาทางควบคุมจุลินทรีย์ ชะลอการเน่าเสีย และการเสื่อมคุณภาพของอาหารได้ เทคโนโลยีการถนอมอาหารจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารทำให้ได้ผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารซึ่งเป็นที่ยอมรับ และมีคุณสมบัติต่อต้านร่างกาย (สุเมธธา วัฒนสินธุ์, 2549 ; Adams and Moss, 2008)

2.5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

- ชนิดและจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับเนื้อสัตว์หรือผลิตภัณฑ์สัตว์
- คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์สัตว์ ปกติเนื้อสัตว์จะเป็นแหล่งอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารครบถ้วน ความชื้นในอาหารจะเป็นตัวกำหนดชนิดและประเภทของจุลินทรีย์ เช่น บริเวณผิวด้านนอกชั้นเนื้อค่อนข้างแห้ง อาจพบเชื้อราเจริญเติบโต ส่วนเนื้อที่อยู่ลึกเข้าไปภายในชั้นเนื้อจะมีความชื้นมากขึ้นจึงพบแบคทีเรียเจริญเติบโต ดังนั้นการควบคุมความชื้นในท้องที่เก็บเนื้อจึงมีความสำคัญมาก
- ปริมาณออกซิเจน จุลินทรีย์ประเภทยีสต์รา และแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการดำรงชีวิต จะสามารถเติบโตได้ดีในเนื้อสัตว์บริเวณพื้นผิวด้านนอกและหากพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นจะพบจุลินทรีย์บริเวณนั้นเพิ่มขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่นบริเวณพื้นผิวของเนื้อบดจะพบจุลินทรีย์ในปริมาณสูงกว่าบริเวณพื้นผิวของชิ้นเนื้อทั้งก้อน
- อุณหภูมิ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บเนื้อไม่ควรจะเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเยือกแข็งมากนักเพราะจะทำให้จุลินทรีย์ที่เติบโตได้ดีในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าได้ โดยปกติแล้วอุณหภูมิมีส่วนสำคัญในการกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในเนื้อ (สุเมธธา วัฒนสินธุ์, 2549 ; บุญศรี อุดรภิกษาคติ, 2552 ; Adams and Moss, 2008)

2.6 มะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas* L.)

2.6.1 ลักษณะทั่วไปของมะม่วงหาวมะนาวโห่

มะม่วงหาวมะนาวโห่ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Carissa carandas* Linn. อยู่ในวงศ์ Apocynaceae (Kumar *et al.* 2013 ; Singh and Uppal, 2015) มีชื่อสามัญคือ Karanda, Carunda และ Christ's thorn หรือชื่อพื้นเมืองอื่น ๆ เช่น มะนาวไม่รู้โห่ หนามแดง และหนามขี้แฮด (วชิราภรณ์ ผิวล่อง และคณะ, 2556 ; Maheshwari *et al.* 2012) มะม่วงหาวมะนาวโห่มีทั้งหมดประมาณ 32 สายพันธุ์ เป็นพืชที่เติบโตได้ดีในเขตอบอุ่น (Mishra *et al.* 2013) สามารถเก็บเกี่ยวผลได้ตลอดทั้งปี แต่จะมีมากในช่วงประมาณเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม มะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 2-5 เมตร เป็นพืชที่มีความอดทน ทนความแห้งแล้ง แม้ขาดน้ำบ้าง สามารถปลูกได้ดีในสภาพดินหลายแบบ ตามลำต้นและกิ่งก้านหากเด็ดหรือหักจะมียางสีขาว และมีหนามแหลมยาว ใบเป็นใบเดี่ยวรูปรีเกือบกลม ปลายใบเว้าเล็กน้อย โคนใบมนเว้าเข้าหาก้านใบ หลังใบ และท้องใบเรียบ ใบอ่อนมีสีแดง ก้านใบสั้น ดอกเล็กสีขาวออกเป็นช่อออกตามซอกใบใกล้ปลายข้อ ผลเป็นผลเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ก่อนที่เอกสารฉบับนี้จะถูกเผยแพร่โดยไม่คิดค่า
 ใม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกรวมกันเป็นช่อ เป็นรูปทรงกลมรี ผิวเรียบ ผลอ่อนจะมีสีชมพูอ่อน ๆ และค่อย ๆ เข้มขึ้นเป็นสีแดงจนกระทั่งสุกจึงกลายเป็นสีดำจึงจัดเป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน (anthocyanin) รสชาติเปรี้ยวแต่พอแก่จะมีรสกลมกล่อมขึ้น (สกุณกานต์ สิมลา. 2556 ; อติศักดิ์ จุมวงษ์. 2557 ; Maheshwari *et al.* 2012)



ภาพที่ 2.2 มะม่วงหาวมะนาวโห่

ที่มา : สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ. (ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าสารสกัดของมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดโดยอะซิโตนมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Aspergillus niger* และ *Candida albicans* (Agarwal *et al.* 2012) ส่วนคุณค่าและกรรมนำมาใช้ประโยชน์นั้น มะม่วงหาวมะนาวโห่ เป็นผลไม้ที่อุดมด้วยธาตุเหล็ก และวิตามินซี (Vitamin C) (Singh and Uppal. 2015) มีการใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับผู้ป่วยโรคโลหิตจาง (anaemia) ดังผู้ป่วยเป็นโรคเลือดออกตามไรฟันและบางครั้งสำหรับผู้ป่วยเป็นโรคโลหิตจาง (anaemia) (สกุณกานต์ สิมลา และคณะ. 2556) นอกจากนี้ยังพบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นผลไม้ที่มีสารออกฤทธิ์ชีวภาพ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในปริมาณมากโดยเฉพาะผลสุก (วชิราภรณ์ ผิวอ่อน และคณะ. 2556) สารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในผัก ผลไม้และสมุนไพรสามารถหยุดยั้งอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ รวมทั้งโรคอัลไซเมอร์ (Sharma *et al.* 2007 ; Bhaskar *et al.* 2009 ; Singh and Uppal. 2015)

2.6.2 คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

สกุณกานต์ สิมลา และคณะ (2556) ได้ทำการประเมินหาปริมาณสารพฤกษเคมีบางประการ และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยทำการเก็บผลใน 3 ระยะการสุกของผล คือ ผลดิบ (ผลสีแดง) ผลห่าม (ผลสีแดงอมดำ) และผลสุก (ผลสีดำ) ทำการเอกสารเป็นเอ็กสาร์ทซึ่งสวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเมินค่าสีของผลสด และผลที่ปั่นละเอียดด้วยเครื่องวัดสี (colorimeter) ในรูปของค่า L^* , a^* และ b^* , วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (total soluble solid, TSS) และวิตามินซีจากตัวอย่างตามวิธี AOAC (1990) นอกจากนี้ทำการประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยการนำมะม่วงหาวมะนาวโห่สกัดด้วย เมทานอลร้อยละ 80 เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธี pH differential method ด้วยเครื่อง spectrophotometer ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Follin-Ciocalteu method, ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) ผลจากการศึกษาพบว่า ค่าสีในผลสด และผลปั่นเมื่อระยะเวลาการสุกเพิ่มมากขึ้นผลจะมีสีเข้มขึ้น (ค่า L^* ลดลง) มีความเป็นสีแดงลดลง (ค่า a^* ลดลง) และมีความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น (ค่า b^* ลดลง) อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทำการประเมินปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า เมื่อผลมีระยะเวลาการสุกเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยลักษณะเช่นนี้พบได้จากปริมาณวิตามินซี แอนโทไซยานิน ฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นไปด้วยซึ่งลักษณะเช่นนี้พบได้ในผลหม่อนที่เมื่อระยะเวลาการสุกเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาในผลหม่อน และบลูเบอร์รี่ ทำให้ทราบว่า การนำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ไปใช้ประโยชน์ควรเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละระยะการสุกของผลจะมีสี และปริมาณสารพฤกษเคมีในผลแตกต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเคมีภายในของพืช

วชิราภรณ์ ศิวาลอง และคณะ (2556) ได้ศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการสุกต่อการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยตัวอย่างจะแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ดิบ กึ่งสุก และสุก นำไปสกัดด้วย เอทานอลร้อยละ 40 ทำการวิเคราะห์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH assay ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ด้วยวิธี FRAP ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-ciocalteu reagent assay ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี pH differential ปริมาณของวิตามินซีและแอนโทไซยานินวิเคราะห์ด้วย HPLC พบว่าผลสุกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด รองลงมาคือ ระยะกึ่งสุก ส่วนระยะดิบมีปริมาณน้อยที่สุด โดยผลสุกมีปริมาณฟีนอลิก แอนโทไซยานิน DPPH และ FRAP มากกว่าผลดิบ 3.7, 2.8, 1.5, และ 1.66 เท่า ตามลำดับ ปริมาณแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการสุกโดยแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่ทำให้เกิดสีแดง ส่วนปริมาณวิตามินซีพบว่าในผลดิบมีค่ามากกว่าในผลสุกเกือบ 2 เท่า อาจเกิดจากการถูกนำไปใช้เป็นการสารประกอบกรวยใจ และการนำไปเป็นโครงสร้างคาร์บอนของการสังเคราะห์สารชนิดใหม่ในระหว่างการสุก

Salar and Dhall (2010) ได้ศึกษาความสามารถการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชสมุนไพรในอินเดีย ได้แก่ *Prosopis cinraria*, *Capparis decidua*, *Tinospora cordifolia*, *C. carandas* และ *Cordia dichotoma* พืชสมุนไพรทั้ง 5 ชนิดสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และอะซิโตน เอกสวิตซ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี NBT superoxide radical scavenging พบว่า ความเข้มข้นของไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดที่เพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากอะซิโตนของพืชที่แตกต่างกันพบว่า *C. carandas* (ร้อยละ 63.5) > *T. cordifolia* (ร้อยละ 60.0) > *C. decidua* (ร้อยละ 58.5) > *C. dichotoma* (ร้อยละ 55.5) > *P. cineraria* (ร้อยละ 52.5) ที่ความเข้มข้น 175 µg/ml เท่ากัน ในทำนองเดียวกันประสิทธิภาพของสารสกัดจากเอทานอล *C. carandas* (ร้อยละ 61.0) > *T. cordifolia* (ร้อยละ 59.0) > *C. decidua* (ร้อยละ 56.5) > *C. dichotoma* (ร้อยละ 54.5) > *P. cineraria* (ร้อยละ 53.0) ที่ความเข้มข้น 175 µg/ml ความสามารถของกรด L-ascorbic ซึ่งใช้เป็นสารสกัดสังเคราะห์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ความเข้มข้น 150 µg/ml และกิจกรรมไม่เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นถึง 175 µg/ml ผลของประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดอาจเป็นเพราะการถ่ายโอนอิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนอะตอมที่แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิดต่างกัน นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์ค่า IC₅₀ ของสารสกัดจากพืชพบว่ามีค่าแตกต่างกันไปตั้งแต่ 93.0-143.0 µg/ml ในสารสกัดที่สกัดจากอะซิโตน และ 107.0-162.0 µg/ml ในสารสกัดจากเอทานอล แสดงให้เห็นว่าสารสกัดที่สกัดจากอะซิโตนจะดักจับอนุมูลอิสระได้ดีกว่าและอาจทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังพบว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยอะซิโตน และเอทานอลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงร้อยละ 63.5 และ 61.0 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (L-ascorbic acid) ที่ค่า IC₅₀ มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยอะซิโตนมีค่า 93 µg/ml ซึ่งใกล้เคียงกับ L-ascorbic acid (81 µg/ml) อาจเนื่องมาจากลักษณะทางพฤกษเคมีของพืช

Siddiqi *et al.* (2013) ได้ศึกษาศึกษาภาพของสารต้านอนุมูลอิสระใน *Grewia asiatica*, *Eugenia jambolana* and *C. carandas* พืชทั้ง 3 ชนิดสกัดด้วย เมทานอล ทำการศึกษาโพลีฟีนอล 4 ชนิด phenolic acid, flavanols, flavonols และ anthocyanin แต่ละชนิดทำการวิเคราะห์หา total phenolics, flavonoids, antioxidant activity โดย DPPH β-carotene-linoleic acid and total reducing power พบว่า ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน *G. asiatica* ร้อยละ 61-85, *E. jambolana* ร้อยละ 50-78 และ *C. carandas* ร้อยละ 41-70 ที่ระดับ 20 ppm (P<0.05) ส่วนค่าฟีนอลิกและ flavonoids พบว่าใน *E. jambolana* สูงที่สุด ส่วนค่า DPPH และ β-carotene oxidation พบว่า *G. asiatica* (ร้อยละ 58-89) ยับยั้งได้สูงที่สุดในขณะที่การยับยั้งที่ต่ำที่สุดพบใน *C. carandas* (ร้อยละ 39-61) ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ *G. asiatica* มากกว่า *E. jambolana* และ *C. carandas* (P<0.05) อาจเกี่ยวข้องกับ reductones ซึ่งไม่เพียงแต่ทำลายลำดับอนุมูลอิสระโดยการให้ไฮโดรเจนแต่ยังลดเปอร์ออกไซด์โดยทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นของเปอร์ออกไซด์ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสารต้านอนุมูลอิสระจากผลไม้ทั้งสามชนิดเป็นผลมาจากการถูกลดศักยภาพและความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกรดฟีนอลและเอสเทอร์ขึ้นอยู่กับจำนวน โมเลกุลของ hydroxyl group

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bint-e-Sadek *et al.* (2013) ได้ทำการตรวจสอบสารพิษเคมีที่แตกต่างกันของสารสกัดจากใบมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่สกัดด้วยเอทานอลและเฮกเซนของใบของมะม่วงหาวมะนาวโห่ ผลการศึกษาพบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยพืชที่สกัดจากเอทานอลและเฮกเซน ที่ IC_{50} เท่ากับ 1.292 และ 1.824 $\mu\text{g/ml}$ ตามลำดับเมื่อเทียบกับ ASA (ascorbic acid) และ BHT ซึ่งมีค่าต่ำกว่า ส่วนกิจกรรมการต้าน H_2O_2 ที่ค่า IC_{50} ของสารสกัดจากเอทานอล และเฮกเซน เท่ากับ 2.038 และ 1.802 $\mu\text{g/ml}$ ตามลำดับซึ่งดีกว่า ASA นอกจากนี้ศึกษากิจกรรมทางพิษของสารสกัดโดยใช้วิธี brine shrimp lethality bioassay พบว่าที่ IC_{50} มีค่าเท่ากับ 2.818 และ 1.995 ของสารสกัดเอทานอลและเฮกเซนตามลำดับ ผลการทดลองที่พบทำให้ทราบว่าสารพิษเคมีของมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยเอทานอลให้ผลดีกว่าอาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเคมีของพืชจึงทำให้ผลที่แตกต่างกันถึงแม้ว่าจะศึกษาในส่วนใบเหมือนกัน

2.6.3 คุณสมบัติในการเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์

Salar and Dhall (2010) ได้ศึกษาความสามารถการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากพืชสมุนไพรในอินเดีย ได้แก่ *Prosopis cinraria*, *Capparis decidua*, *Tinospora cordifolia*, *Carissa carandas* และ *Gordia dichotoma* โดยพืชสมุนไพรทั้ง 5 ชนิดสกัดด้วยน้ำเอทานอล คลอโรฟอร์ม อะซิโตนและเมทานอล ประเมินความสามารถการต้านจุลินทรีย์ด้วยวิธี Agar well diffusion โดยทดสอบกับเชื้อแบคทีเรีย *E. coli*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *A. niger* และ *C. albicans* วิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากอะซิโตนมีประสิทธิภาพที่สุทธองลงมาคือ เอทานอล เมทานอล และคลอโรฟอร์ม ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากน้ำไม่มีประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ นักวิจัยจึงนำเสนอเฉพาะสารสกัดจากอะซิโตนจากพืชที่แตกต่างกัน เมื่อนำไปศึกษากิจกรรมการยับยั้งเชื้อทดสอบพบว่าสารสกัดจากอะซิโตนของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีประสิทธิภาพการยับยั้งสูงที่สุด รองลงมาคือ *T. cordifolia*, *C. dichotoma*, *P. cineraria* และ *C. decidua* ตามลำดับโดยเชื้อ *S. aureus* ถูกยับยั้งมากที่สุด รองลงมาคือเชื้อ *S. epidermidis* มีเส้นรัศมียับยั้งตั้งแต่ 11.2-19.8 มม. ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดพืชมีศักยภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อทำการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กิจกรรม พบว่าพืชแต่ละชนิดที่สกัดจากอะซิโตนมีกิจกรรมมากที่สุด (ร้อยละ 60-80) รองลงมาคือ เอทานอล (ร้อยละ 40-60) นอกจากนี้ นักวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีความไวของเชื้อจุลินทรีย์ (microbial susceptibility index, MSI) เป็นการประเมินระดับของความไวของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีต่อพืชทดสอบ พบว่า *S. aureus* และ *C. albicans* มีความไวมากที่สุดค่าเฉลี่ยของ MSI จาก 44 และ 36 ตามลำดับ โดยค่าเปอร์เซ็นต์กิจกรรมและ MSI มีประโยชน์ในทางเภสัชวิทยา ความไวที่สูงของเชื้อ *S. aureus* และ *C. albicans* เอกสารนี้เป็นเพราะความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาของเชื้อจุลินทรีย์ ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Siddiqi *et al.* (2011) ได้ศึกษาฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ของโพลีฟีนอลแต่ละชนิดจาก *Grewia asiatica*, *Eugenia jambolana* and *Carissa carandas* โดยศึกษาสารประกอบ 4 ชนิด คือ phenolic acid, flavanols, flavonols และ anthocyanin โดยพืชแต่ละชนิดสกัดด้วยเมทานอลร้อยละ 80 พบว่าในผลไม้แต่ละชนิดมีค่าฟีนอลิก flavonoids และค่าสีแตกต่างกันคือ *E. jambolana* > *G. asiatica* > *C. carandas* ตามลำดับ ผลของค่าสีที่แตกต่างนี้อาจเนื่องมาจากการกระจายตัวของสีในหมู่ monomeric และขนาดของพอลิเมอร์ในพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน นอกจากนี้สารสกัดหยาบทดสอบกับเชื้อทดสอบได้แก่ *B. subtilis*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, และ *K. pneumonia* พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแต่เชื้อ *S. aureus* และ *B. subtilis* ทนต่อการยับยั้งมากกว่าเชื้ออื่นๆ โดยทั่วไปแบคทีเรียแกรมบวกจะไวต่อสิ่งกระตุ้นมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบเพราะความแตกต่างในโครงสร้างของผนังเซลล์ที่แตกต่างกันและฤทธิ์การยับยั้งของสารสกัดใน *G. asiatica* > *E. jambolana* > *C. carandas* และพบว่าฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่เรียกว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยกเว้น anthocyanin ไม่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย และ flavonols มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียมากที่สุด (MIC อยู่ในช่วง 15.625-62.5 $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$) เนื่องจากค่าฟีนอลิก และ flavonols ใน *E. jambolana* สูงกว่า *G. asiatica* แต่ฤทธิ์การต้านแบคทีเรียใน *G. asiatica* สูงกว่าอาจเนื่องมาจากลักษณะ โครงสร้างทางเคมีของ polyphenolics และ/หรือ flavonols ในสารสกัดมีผลต่อจุลินทรีย์มากกว่าฟีนอลิก

Gupta *et al.* (2012) ได้ทำการวิเคราะห์ผลการต้านจุลินทรีย์ของผลไม้ 6 ชนิดในอินเดียที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ พืชทั้ง 6 ชนิดจะสกัดด้วยสารละลาย น้ำ : อะซิโตน น้ำ : เมทานอล และ เอทานอล : เฮกเซน : น้ำ ประเมินผลการต้านจุลินทรีย์ด้วยวิธี Agar well diffusion โดยมีเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *B. subtilis*, *B. cereus*, *S. aureus*, *E. faecalis* และแกรมลบ *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*, *S. flexneri* and *P. aeruginosa* ฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดทดสอบ พบว่า *A. lachoocha* > *Ananas comous* > *Carrasia carandas* > *Beta vulgaris* > *Grewia asiatica* > *Litchi sinensis* โดยเชื้อที่ถูกยับยั้งมากที่สุดคือ *L. monocytogenes*, *S. aureus* และ *S. Typhimurium* (เคลียร์โซนมากกว่า 20 มม.) (เคลียร์โซนน้อยกว่า 7 มม.) พบใน *B. subtilis* และ *B. cereus* ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่แตกต่างนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของพฤกษเคมีต่างๆ เช่น อัลคาลอยด์ แทนนิน ซาโปนินและ flavonoids ค่า MIC ของสารสกัดที่ทดสอบกับแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่าง 4.1-6.9 mg/ml^{-1} โดยเชื้อ *L. monocytogenes* และ *S. aureus* พบว่ามีความเสี่ยงมาก โดยสารสกัดจากน้ำเมทานอล และสารผสมมีประสิทธิภาพการเป็นยาต้านจุลินทรีย์มากที่สุด ผลแสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกจะไวต่อปฏิกริยามากกว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมลบอาจจะเป็นเพราะความแตกต่างของโครงสร้างในผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งผนังเซลล์แกรมลบเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนซึ่งจะทำให้เป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของสารสกัดส่วนในแบคทีเรียแกรมบวกมีผนังเซลล์ชั้นเดียวทำให้สารสกัดซึมผ่านได้ง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food)

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลิตภัณฑ์อีกกลุ่มหนึ่งในอาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food) ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมา เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น อาหารสดโดยเฉพาะเนื้อสัตว์จะเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ง่าย ดังนั้นจึงมีการนำเนื้อสัตว์มาแปรรูปเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานมากที่สุด (Lawrie. 2006) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งเช่น เนื้อสวรรค์ เนื้อหวาน กุนเชียง และหมูแผ่น เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งสามารถผลิตได้หลายวิธี โดยแต่ละวิธีอาศัยหลักการเดียวกัน คือการทำให้ให้น้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ อาหารจึงมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น (ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม. 2545 ; Varnam and Sutherland. 1995)

ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งเป็นอาหารที่มีปริมาณน้ำปานกลาง มีความชื้นประมาณ 15-55 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity, a_w) ระหว่าง 0.60-0.92 (Huang and Nip. 2001) ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาและวางจำหน่ายภายใต้อุณหภูมิห้องได้เป็นระยะเวลาโดยไม่ต้องแช่เย็นเนื่องจากมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในระดับต่ำที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ อีกทั้งส่วนผสมในบางผลิตภัณฑ์อาจมีองค์ประกอบของเกลือ และน้ำตาลในปริมาณที่สูง ซึ่งส่วนผสมทั้งสองชนิดเมื่อละลายรวมตัวกับน้ำสามารถจับกับน้ำอิสระในอาหารทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถใช้น้ำได้ (Huang and Nip. 2001) ผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งต่างจากอาหารแห้ง (dried food) ตรงที่อาหารแห้งจะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีน้อยกว่า 0.60 และมีความชื้นน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งมีเนื้อสัมผัส (Texture) ดีกว่าอาหารแห้งเนื่องจากยังมีน้ำอยู่บางส่วน มีความนุ่มฉ่ำ ไม่แห้งและแข็งเกินไป (นิริยา รัตนพานนท์. 2545 ; Huang and Nip. 2001) และในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง ซึ่งถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งจึงใช้มาตรฐานเดียวกันกับผลิตภัณฑ์กุนเชียง เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกัน สาเหตุที่ต้องใช้มาตรฐานเดียวกันกับผลิตภัณฑ์กุนเชียง เพราะในประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง

2.8 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน - กุนเชียง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 2555) ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์กุนเชียงมีดังนี้
บทนิยาม

1. กุนเชียงหมู หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู ไชมัน เครื่องปรุงรส เช่น น้ำตาล เกลือ ซีอิ๊ว นำมาบดผสมกัน อาจหมัก แล้วบรรจุในไส้ ทำให้แห้งโดยใช้ลมร้อนหรือวิธีอื่นที่เหมาะสม
2. ไชมัน หมายถึง ไชมันจากสัตว์ เช่น สุกร ไก่ เป็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใส้ หมายถึง ใส้ธรรมชาติ เช่น ใส้หมู ใส้พะ ใส้แกะ ที่ทำความสะอาดและเก็บรักษาอย่างถูกต้องลักษณะหรือใส้เทียม เช่น ใส้ชนิดรีเจนเนอเรตคอลลลาเจน (regenerated collagen)

คุณลักษณะที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป - ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกันและมีขนาดใกล้เคียงกัน ผิวไม่แตกหรือฉีกขาด การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส - ต้องแน่น คงรูป ไม่แข็งกระด้างหรือยุ่ย เนื้อหมูและมันหมูผสมกันอย่างทั่วถึง ไม่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน ไม่มีมันเยิ้มออกมาภายนอก อาจมีโพรงอากาศเล็กน้อยการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและชิม

3. สี - ต้องมีสีดีตามธรรมชาติของขุนเชียงหมู

4. กลิ่นรส - ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขุนเชียงหมู ไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสเปรี้ยว

5. สิ่งแปลกปลอม - ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น กระดูก เส้นผม ดิน กรวด ทราย ชิ้นส่วนหรือสิ่งปนเปื้อนจากสัตว์ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6. โปรตีน - ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

7. ไขมัน - ต้องไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

8. วอเตอร์แอกติวิตี - ต้องน้อยกว่า 0.86 การทดสอบให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส

9. วัตถุเจือปนอาหาร

- ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด

- หากมีการใช้วัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

- หากมีการใช้โซเดียมหรือ โพแทสเซียมไนเตรดให้ใช้ได้ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือโซเดียมหรือโพแทสเซียมไนไตรต์ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถ้าใช้โซเดียมหรือ โพแทสเซียมไนเตรดและโซเดียมหรือโพแทสเซียมไนไตรต์รวมกันต้องไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยปริมาณโซเดียมไนเตรดและ/หรือโซเดียมไนไตรต์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ต้องน้อยกว่า 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

- หากมีการใช้ฟอสเฟตในรูปของโมโน-ได- และพอลิของเกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียม อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน ตามชนิดที่กฎหมายกำหนด (คำนวณเป็นฟอสฟอรัสทั้งหมด) ต้องไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยไม่รวมกับปริมาณฟอสฟอรัสที่มีในธรรมชาติ

* การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ *ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในธรรมชาติ กำหนดจากสูตรที่อ้างอิงจากโคเดกซ์ (CODEX STAN 97-1981 Revision 1991) ดังนี้

ปริมาณฟอสเฟตในธรรมชาติ (mg/kg P₂O₅) = 250 x %โปรตีน (ค่าที่ทดสอบได้)

ปริมาณฟอสฟอรัสในธรรมชาติ (mg/kg P) = ปริมาณฟอสเฟตในธรรมชาติ

2.3

จุลินทรีย์

1. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
2. แซลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
3. สแตฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
4. เอสเชอริเชีย โคลิ โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
5. ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สารทดสอบ

สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในรูปแบบสกัดด้วยเอทานอล ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. จำรูญ เล้าสินวัฒนา สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การเตรียมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ เตรียม โดยการนำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะสุกแกะเมล็ดออกแล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมะม่วงหาวมะนาวโห่มาสกัดโดยแช่ในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ในอัตราส่วนของมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อตัวทำละลาย 1 : 9 โดยนึ่งหนักต่อปริมาตร ทำการแช่ตัวอย่างในตัวทำละลายเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นกรองสารสกัดผ่านกระดาษกรอง whatman No.1 แล้วนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จากนั้นเก็บสารสกัดที่ได้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สำหรับการใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่

สิ่งที่ตรงวิเคราะห์	ค่าที่ได้
1. ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/น้ำหนักแห้ง 100 g)	1756.23
2. ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH: IC ₅₀ (ppm)	422.73
3. ความสามารถในการรีดิวซ์: EC ₅₀ (ppm)	4786.30
4. ความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation: IC ₅₀ (ppm)	858.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 3.2 แบคทีเรียทดสอบ อาหารที่ใช้เลี้ยง และอุณหภูมิสำหรับการเจริญของแบคทีเรีย

Microorganisms	Media	Temp. (°C)
Meat pathogenic bacteria		
<i>Salmonella</i> Typhimurium TISTR 292	TSB-0.6% YE	37
<i>Staphylococcus aureus</i> TISTR 118	TSB-0.6% YE	37
<i>Escherichia coli</i> TISTR 780	TSB-0.6% YE	37
<i>Listeria innocua</i> ATCC 33090 ^T	TSB-0.6% YE	37
<i>Aeromonas hydrophila</i> TISTR 1321	TSB-0.6% YE	30
Meat spoilage bacteria		
<i>Pseudomonas fluorescens</i> JCM 5963 ^T	TSB-0.6% YE	26
<i>Pseudomonas fluorescens</i> TISTR 358	TSB-0.6% YE	26
<i>Lactobacillus plantarum</i> 1149	MRS	30
<i>Lactobacillus sakei</i> subsp. <i>sakei</i> JCM1157 ^T	MRS	30
<i>Lactobacillus sakei</i> TISTR 890	MRS	37
<i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 14947	MRS	30
<i>Lactococcus cremoris</i> TISTR 1344	MRS	30
<i>Lactococcus lactis</i> 19435	MRS	30
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> JCM 6124 ^T	MRS	30
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> TISTR 942	MRS	30
<i>Enterococcus faecalis</i> TISTR 888	MRS	37
<i>Streptococcus</i> sp. TISTR 1030	MRS	30
Other bacteria found in food		
<i>Bacillus coagulans</i> TISTR 1447	TSB-0.6% YE	37
<i>Bacillus subtilis</i> JCM 1465	TSB-0.6% YE	37

ATCC = American Type Culture Collection, Rockville, Md

JCM = Japanese Culture of Microorganism, Wako, Japan

TISTR = Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- | | |
|---|--|
| 1) เครื่องบดเนื้อ | (Biro medel 346-3, USA) |
| 2) ตู้อบลมร้อน | (Binder model FD 115, Germany) |
| 3) เตาย่างควบคุมอุณหภูมิ | (Chama model P8000C1, Germany) |
| 4) เครื่องชั่งชนิดหยาบ | (Tanita model 1144, Tanita Corporation, Japan) |
| 5) เครื่องชั่งชนิดละเอียด | (Sartorius, Basic, Germany) |
| 6) ตู้เขี่ยเชื้อ Laminar Flow | (Dwyer model merk II, USA) |
| 7) ตู้บ่มเพาะเชื้อจุลินทรีย์ | (WTB Binder model BD, Germany) |
| 8) ตู้อบเครื่องแก้ว | (Hot-air oven, Memmert model CM500, Germany) |
| 9) หม้อนึ่งความดันสำหรับฆ่าเชื้อ | (Auto clave, Hirayama model HVE 50, Japan) |
| 10) อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ | (Water Bath, Memmert, Germany) |
| 11) เครื่องผสมสารละลาย | (Vortex Mixer KMC-1300V, Korea) |
| 12) เครื่องตีปั่นไฟฟ้า | (Stomacher Bag Mixer 400 model VW, France) |
| 13) ไมโครเวฟ | (Toshiba model ER-G8C, Thailand) |
| 14) เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น | |
| 15) ไมโครปิเปต ขนาด 100, 200 และ 1000 ไมโครลิตร | (Finnpipette F3, USA) |
| 16) เครื่องวิเคราะห์หาค่า Water activity | (Novasina, Switzerland) |
| 17) เครื่องวัดค่าแรงตึงผิวในเนื้อ | (Warner-Bratzler, Instron Model 1011) |
| 18) เครื่องวัดค่าสีของเนื้อ | (Hunterlab Mini Scan EZ LAV, USA) |
| 19) เครื่อง Homogenizer | (Ultra tarrax model IKA T25 digital, Germany) |
| 20) เครื่องกลั่นโปรตีน | (Gerhardt model Vapodest 30, Germany) |
| 21) เครื่อง centrifuge | (Beckman Coulter model Avanti J-E, USA) |
| 22) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง | (Shimadzu model UV-1601, Japan) |
| 23) เครื่องวัดค่า กรด-ด่าง | (Mettler Toledo medel SG-2, Switzerland) |
| 24) เครื่องบรรจุสุญญากาศ | (Ramon, Germany) |
| 25) เจอร์ก็กัน | (LEM, USA) |
| 26) ถุงสุญญากาศ | (K-Nylon/LLDPE) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ และสารเคมี

1) Agar	(Criterion, USA)
2) Baird-Parker agar	(Merck, Germany)
3) DEV Tryptophan broth	(Merck, Germany)
4) EC broth	(Merck, Germany)
5) Eosin Methylene Blue (EMB) agar	(Merck, Germany)
6) Hekoten-Enter-Agar	(Merck, Germany)
7) Lauryl Sulfate broth	(Merck, Germany)
8) Malt extract	(Merck, Germany)
9) Lysine-Indole-Motility (LIM) medium	(Difco, USA)
10) MRS broth	(Merck, Germany)
11) Methyl red-Voges Proskauer (MR-VP) broth	(Merck, Germany)
12) Plate count agar	(Merck, Germany)
13) Simmons citrate agar	(Merck, Germany)
14) Tryptic Soy Broth (TSB)	(Merck, Germany)
15) Tetrathionate broth (TTB)	(Merck, Germany)
16) Selenite cysteine broth (SCB)	(Merck, Germany)
17) Salmonella-Shigella (SS) agar	(Merck, Germany)
18) Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) agar	(Merck, Germany)
19) Triple sugar iron (TSI) agar	(Merck, Germany)
20) Yeast extract granulated	(Merck, Germany)
21) Mueller Hinton Broth (MHB)	(Merck, Germany)
22) 2 – Thiobarbituric acid (TBA)	(Sigma, Germany)
23) 1,1,3,3 – Tetrathoxypropane	(Sigma, Germany)
24) Butylated Hydroxytoluene	(Fluka, Japan)
25) di – Potassium Dihydrogen Orthophosphate (K_2HPO_4)	(Univer, New Zealand)
26) Potassium Dihydrogen Orthophosphate (KH_2PO_4)	(Univer, New Zealand)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ดังนี้

วัตถุประสงค์	กิจกรรม
<p>การทดลองที่ 1</p> <p>ศึกษาสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยทำการกำหนดระดับสัดส่วนไขมันออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้</p>	<p>1. กลุ่มควบคุม (ไม่ใส่ไขมัน)</p> <p>2. กลุ่มที่ใส่ไขมันร้อยละ 5</p> <p>3. กลุ่มที่ใส่ไขมันร้อยละ 10</p> <p>4. กลุ่มที่ใส่ไขมันร้อยละ 15</p> <p>5. กลุ่มที่ใส่ไขมันร้อยละ 20</p> <p>6. กลุ่มที่ใส่ไขมันร้อยละ 25</p> <p>นำไปอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งจะได้อุณหภูมิใจกลาง 71 องศาเซลเซียส จากนั้นลดอุณหภูมิลงเหลือ 70 องศาเซลเซียส อบนาน 2 ชั่วโมง และปรับอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส อบนาน 30 นาที และนำไปย่างที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที จากนั้นบรรจุหมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งในถุงแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้</p> <p>1.1 คุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - ร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% drying yield) - ค่าสี (CIE L*a*b*) - ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force) - ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis <p>1.2 คุณภาพด้านเคมี ได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - ค่าความชื้น (moisture content) - ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัย การออกซิเดชันของไขมัน โดยวิธี 2- โยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	<p>Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS)</p> <p>1.3 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ ได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - จุลินทรีย์รวม - <i>S. aureus</i> - <i>Salmonella</i> spp. - ยีสต์และรา - Coliform และ <i>E. coli</i> <p>1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส</p> <p>ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณลักษณะที่ประเมินได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - ลักษณะปรากฏ - กลิ่น - เนื้อสัมผัส - รสชาติ - ความหวาน - คุณภาพโดยรวม <p>โดยมีผู้ทดสอบชิมเป็นกลุ่มนักศึกษา อาจารย์ และผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 70 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point hedonic scale</p>
<p>การทดลองที่ 2</p> <p>ศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ หมูหวาน ขึ้นรูปกึ่งแข็งในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน</p>	<p>เลือกสัดส่วน ไขมันที่เหมาะสมและผู้บริโภคให้การยอมรับจากการทดลองที่ 1 มาทำการศึกษาในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ บรรจุแบบสุญญากาศ และบรรจุแบบปิดผนึกด้วยความร้อนภายในมีวัตถุประสงค์ข้อออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้</p> <p>2.1 คุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - ร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% drying yield) - ค่าสี (CIE L*a*b*) <p>ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบ</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยและพัฒนาเท่านั้น การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	<p>ค่าแรงเฉือน (shear force)</p> <p>2.2 คุณภาพด้านเคมี ได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - ค่าความชื้น (moisture content) - ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity) - การหาการออกซิเดชันของไขมัน โดยวิธี 2-Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs) <p>2.3 คุณภาพด้านจุลินทรีย์</p> <ul style="list-style-type: none"> - จุลินทรีย์รวม - <i>S. aureus</i> - ยีสต์และรา - Coliform และ <i>E. coli</i> <p>2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส</p> <p>ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณลักษณะที่ประเมินได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - ลักษณะปรากฏ - สี - กลิ่น - เนื้อสัมผัส - รสชาติ - ความหวาน - คุณภาพโดยรวม <p>โดยมีผู้ทดสอบชิมเป็นกลุ่มนักศึกษา อาจารย์ และผู้บริโภครวมไปจำนวน 70 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point hedonic scale</p>
<p>การทดลองที่ 3</p> <p>ศึกษาความสามารถของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาว ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร</p>	<p>3.1 ทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียโดยวิธี agar well diffusion method (19 สายพันธุ์)</p> <p>3.2 ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวให้ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบ โดยศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งแบคทีเรีย (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรีย (MBC)</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้และเผยแพร่โดยไม่ขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>การทดลองที่ 4</p> <p>ศึกษาผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง</p>	<p>โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. กลุ่มควบคุม 2. กลุ่มที่ใส่ BHT ร้อยละ 0.02 3. กลุ่มที่ใส่โพแทสเซียมซอร์เบทร้อยละ 0.1 4. กลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.2 5. กลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.4 6. กลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.6 <p>ตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งเป็นระยะเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ โดยศึกษาคุณภาพด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้</p> <p>4.1 คุณภาพทางด้านกายภาพ</p> <ul style="list-style-type: none"> - ร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% drying yield) - ค่าสี (CIE L*a*b*) - ค่า chroma และ hue angle - ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force) - ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรง Texture Profile Analysis (TPA) <p>4.2 คุณภาพทางด้านเคมี</p> <ul style="list-style-type: none"> - ค่าความเป็นกรด-ด่าง - ค่าความชื้น (moisture content) - ค่าแอกทีวิตีวอเตอร์ (water activity) - ค่าการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) <p>4.3 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์</p> <ul style="list-style-type: none"> - จุลินทรีย์ทั้งหมด - <i>S. aureus</i> - ยีสต์และรา - Coliform และ <i>E. coli</i> <p>4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส</p>
---	---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยเป็นการค้าไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	<p>คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณลักษณะที่ประเมินได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> - ลักษณะปรากฏ - สี - กลิ่น - เนื้อสัมผัส - รสชาติ - คุณภาพโดยรวม <p>โดยมีผู้ทดสอบชิมเป็นกลุ่มนักศึกษา อาจารย์ และ ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 70 คนขึ้นไป ด้วยวิธีการให้คะแนน ความชอบแบบ 7-Point hedonic scale</p> <p>4.5 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานหลังจากได้ผลิตภัณฑ์หมูหวานพร้อมรับประทานที่มีคุณภาพทางด้านกรบริโภค (สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส) และมีความปลอดภัยทางการบริโภค รวมทั้งมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาที่เหมาะสมแล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) ในด้านต่าง ๆ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ความชื้น - ไขมัน - โปรตีน - คาร์โบไฮเดรต - เถ้า
--	--

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

3.5.1.1 วัตถุดิบ เนื้อสุกร และไขมันที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งจากบริษัทสยามเม็คโคร จำกัด สาขา เดอะมอลล์บางกะปิ

ตารางที่ 3.3 สูตรหมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	น้ำหนักคิดเป็นร้อยละ (w/w)
เนื้อไก่	60
ไขมันหมู	ทำการศึกษาคัดส่วนต่าง ๆ
ผงเพรก (ไนไตรต์)	1
เกลือแกง	1
ซอสปรุงรส	1
ซีอิ๊วขาว	0.5
น้ำตาลทรายแดง	21.5
รวม	100

หมายเหตุ : ผงเพรก สัดส่วน เกลือร้อยละ 94 : ไนไตรต์ร้อยละ 6

3.5.1.2 สัดส่วน ไขมันที่ทำการศึกษา กำหนดสัดส่วนไขมันเพื่อทำการศึกษาคัดส่วน ไขมันที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยแบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

- 1) กลุ่มควบคุม (ไม่ใส่ไขมัน)
- 2) กลุ่มที่ใส่ไขมันร้อยละ 5
- 3) กลุ่มที่ใส่ไขมันร้อยละ 10
- 4) กลุ่มที่ใส่ไขมันร้อยละ 15
- 5) กลุ่มที่ใส่ไขมันร้อยละ 20
- 6) กลุ่มที่ใส่ไขมันร้อยละ 25

3.5.1.3 วิธีการเตรียมตัวอย่าง ใช้เนื้อหมูส่วนไหล่ (chuck) ที่คัดแต่งไขมันออก บดผสมรวมกับมันแข็งด้วยเครื่องบดเนื้อที่มีรูปบดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร บด 2 รอบ จากนั้น ผสมกับวัตถุดิบที่เตรียมไว้ ทำการขึ้นรูปหมูหวานด้วยเจอร์กี้กัน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงได้อุณหภูมิใจกลาง 71 องศาเซลเซียส จากนั้นลดอุณหภูมิลงเหลือ 70 องศาเซลเซียส อบนาน 2 ชั่วโมง และปรับอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส อบนาน 30 นาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนำไปย่างที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที และบรรจุหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานในถุงแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. คุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่

- ร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% drying yield)

ทำการผสมเนื้อหมูปกับเครื่องปรุงให้เข้ากัน จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนผ่านกระบวนการอบ และหลังจากผ่านกระบวนการอบเสร็จ คำนวณหาร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งตามวิธีของ Murphy *et al.* (2001) ด้วยสูตร

$$\% \text{ drying yield} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}}$$

- การวัดสี (CIE L*a*b*)

สุ้มหมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งกลุ่มทดลองละ 3 ชิ้น มาวัดค่าสีด้วยระบบ CIE (L*a*b*) ชั้นละ 3 จุด ด้วยเครื่องวัดสี HunterLab Mini Scan EZ 4000L (Hunter Lab Inc., Reston, USA) เมื่อ L* คือ ค่าความสว่าง a* คือ ค่าสีแดง และ b* คือ ค่าสีเหลือง

- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force) การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งด้วยรูปแบบค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) โดยใช้หัววัด Warner-Bratzler shear ด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) ตัดตัวอย่างเป็นชิ้น ขนาด 1 x 3 x 0.5 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 10 ชิ้น

- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยใช้หัววัด Compression ด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) ตัวอย่างขึ้นรูปแบบแท่งกลม ขนาด 1 x 1 เซนติเมตร โดยวางตัวอย่างตามแนวนอน ตัวอย่างละ 10 ชิ้น

2. คุณภาพด้านเคมี ได้แก่

- ค่าความชื้น (moisture content)

การหาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งตามวิธีของ AOAC (2000) โดยอบภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำภาชนะอะลูมิเนียมใส่ในโถดูดความชื้น และทำการชั่งน้ำหนักของภาชนะอะลูมิเนียม ปั่นตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ชั่งตัวอย่าง 2-3 กรัม ใส่ในภาชนะอะลูมิเนียมและนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทำการอบข้ามคืน โดยทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เมื่อครบกำหนดเวลานำออกมาใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนักหลังอบ คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{(a-b) \times 100}{a}$$

a

a = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

b = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

- ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity, a_w)

การวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี โดยใช้เครื่องวัดค่า a_w (Novasina, Switzerland) ตัดตัวอย่างหมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งเป็นชิ้นเล็ก ๆ ปริมาณ 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับใช้วิเคราะห์ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

- การหาการออกซิเดชันของไขมัน โดยวิธี 2-Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS)

การหาการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งด้วยวิธี 2-Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) ตามวิธีของ Castellini *et al.* (2002) ชั่งตัวอย่าง 10 กรัมใส่บีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 48 มิลลิลิตร ตามด้วย Butylate hydroxytoluene (BHT) 1 มิลลิลิตร และปั่นด้วยเครื่อง homogenizer (1,300 rev./min) เป็นเวลา 30-40 วินาที จากนั้นเทตัวอย่างทั้งหมดลงในหลอดกลั่น ก่อนกลั่นเติม HCL 5N 1 มิลลิลิตร และ aniform 6 หยดลงในหลอดกลั่น ทำการกลั่นโดยใช้เวลาในการกลั่น 190 วินาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นดูดสารละลายที่ได้จากการกลั่นมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม 0.069 M Thiobarbituric acid (TBA) 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที เขย่าทุก ๆ 5 นาที เมื่อครบเวลา ทำให้เย็นโดยผ่านน้ำ และวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า TBARS value ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม ดังภาคผนวก ก

3. คุณภาพด้านจุลินทรีย์ได้แก่

- จุลินทรีย์รวม

การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์รวมในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งตามวิธีของ AOAC (2006) โดยสุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในสารละลายเกลียวโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นนำมาเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100,

1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นเปิดตัวอย่างและ dilution ที่เตรียมไว้จำนวน 1 ไม่ว่างานใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิลิตร เพื่อการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยวิธี pour plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA หลังจากนั้นนำจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

- *S. aureus*

การวิเคราะห์หาจำนวน *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง ตามวิธีของ BAM (2001) โดยสุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นนำมาเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นปิเปตตัวอย่างและ dilution ที่เตรียมไว้จำนวน 0.1 มิลลิลิตร เพื่อการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Baird-Parker agar (BP) หลังจากนั้นนำจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมานับจำนวนโคโลนีที่มีลักษณะกลม นูน สีดำเป็นมัน ผิวเรียบ ขอบขาว มีตะกอนขุ่นรอบๆ โคโลนี รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g จากนั้นสุ่มเลือกโคโลนีที่สงสัยมาวิเคราะห์การสร้างเอนไซม์ Couagulase test โดยจุด Rabbit plasma ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรลงบนสไลด์ที่ทำความสะอาดแล้ว ถ่ายเชื้อลงบนสไลด์ที่มีการหยด Rabbit plasma แล้ว ทำการ smear สังเกตการเกิดเส้นไฮบอนด์ไลด์

- *Salmonella* spp.

การวิเคราะห์หาจำนวน *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง ตามวิธีของ AOAC (1995) สุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในอาหาร Tryptic Soy Broth (TSB) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ Tetrathionate broth (TTB) + Iodine solution และ Selenite cysteine broth (SCB) นำหลอดเพาะเลี้ยงเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อลงในอาหาร Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) agar และ Salmonella-Shigella (SS) agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตลักษณะโคโลนีสีน้ำเงินเขียว และตรงกลางมีสีดำ กลม นูน ผิวเรียบเป็นมัน อาจพบหรือไม่พบจุดตรงกลาง นำโคโลนีไปทำการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีโดยใช้เข็มเชื้อโคโลนีที่สงสัยไปเพาะลงในอาหาร Triple Sugar Iron (TSI) Agar slant และ Lysine-Indole-Motility (LIM) medium บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดูผลปฏิกิริยาทางชีวเคมีในหลอด TSI agar slant และ LIM medium เชื้อ *Salmonella* spp. จะให้คุณสมบัติทางชีวเคมีดังตารางภาพผนวกที่

3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ยีสต์รา

การวิเคราะห์หาจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งตามวิธีของ AOAC (2005) โดยสุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นนำมาเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นปีเปิดตัวอย่างและ dilution ที่เตรียมไว้จำนวน 1 มิลลิลิตร เพื่อการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยวิธี pour plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt agar หลังจากนั้นนำจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนับจำนวนเชื้อยีสต์และราทั้งหมด รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานอาหารเพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

- Coliform และ *E. coli*

การวิเคราะห์หาจำนวน Coliforms ในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งด้วยวิธี Most Probable Number (MPN) ตามวิธีของ AOAC (2005) โดยสุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นนำมาเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นปีเปิดตัวอย่างและ dilution ที่เตรียมไว้จำนวน 1 มิลลิลิตร แต่จะระดับความเจือจางใส่ในอาหาร Lantaryl sulfate tryptose broth (LST) (มีหลอด fermentation tube อยู่ในภายใน) ระดับความเจือจางละ 3 หลอด บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เมื่อบ่มตามจำนวนเวลาแล้วสังเกตหลอดอาหาร LST ที่เกิดฟองแก๊ส ถ่ายเชื้อเฉพาะหลอดที่เกิดฟองแก๊ส โดยใช้ loop ใส่ในอาหาร Brilliant green lactose bile (BGLB) broth บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจผลหลอด BGLB ที่มีฟองแก๊สเกิดขึ้น นำค่าไปเปิดตาราง MPN รายงานผลเป็น MPN Coliform bacteria/กรัม ดังตารางภาคผนวกที่ ค 1 จากนั้นทำการวิเคราะห์หาจำนวน *E. coli* โดยถ่ายเชื้อ 1 loop จากหลอด LST ที่มีฟองแก๊สลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ EC broth บ่มที่อุณหภูมิ 45.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อบ่มตามจำนวนเวลาแล้วสังเกตหลอดอาหาร EC broth ที่เกิดฟองแก๊ส เชื้อเชื้อ 1 loop จากหลอด EC broth ที่เกิดแก๊ส เพื่อการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยวิธี streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Levine's eosin methylene blue (EMB) agar หลังจากนั้นนำจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ ไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงประเมินค่า MPN ของ *E. coli* จากจำนวนหลอดของ EC broth ที่มีโคโลนีให้ผลเป็น +++ หรือ +--+ เพื่อเก็บไปจัดจำแนกโดย Biochem test เลือกโคโลนีที่มีสีเขียวคล้ายปีกแมลงทับ (Metallic Sheen) บนผิวหน้าอาหาร EMB agar มา streak บนอาหาร PCA บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง และทำการทดสอบคุณสมบัติทาง

เอกสารชีวเคมี (IMViC test) ดังนี้
 หมายเหตุ: การใช้งานเพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การทดสอบ Indole โดยการถ่ายเชื้อจากอาหาร Plate Count Agar slant ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptophan broth แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลาย Kovac จำนวน 0.20-0.30 มิลลิลิตร ถ้าให้ผลบวกจะปรากฏสีแดงที่ส่วนบนของ Tryptophan broth

2) การทดสอบ Methyl red และ Acetoin (MR-VP) โดยการถ่ายเชื้อจากอาหารใน Plate Count Agar slant ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MR-VP บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

- ทดสอบ methyl red reaction (MR) โดยเติมสารละลาย methyl red 5 หยด ลงในสารละลายเชื้อโดยผลบวกจะให้สีแดง ผลลบจะให้สีเหลือง

- ทดสอบ VP โดยถ่ายเชื้อ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแล้วเติม 5% alcoholic-naphthol (w/v) ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร และ 40% KOH ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ผลบวกจะให้สีชมพูแดง

3) การทดสอบ Citrate ทำการถ่ายเชื้อใส่อาหาร Simmon's citrate agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ผลบวกจะให้สีน้ำเงิน จากนั้นทำการแปลผลการทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี ดังตารางภาคผนวกที่ ค 2

4. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามวิธีของ Meilgaard *et al.* (1987) โดยทดสอบ 7 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏโดยรวม สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ความหวาน และคุณภาพโดยรวม ประเมินโดยวิธี Hedonic Scale โดยมีผู้ทดสอบชิมเป็นกลุ่มนักศึกษา อาจารย์ และผู้บริหารโรคทั่วไป จำนวน 70 คน มีช่วงการให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ (7-Point Hedonic Scale) ตั้งแต่ 1-7 ดังต่อไปนี้ (แบบทดสอบแสดงในตารางภาคผนวก ง)

- 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
- 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก
- 3 หมายถึง ไม่ชอบ
- 4 หมายถึง เฉยๆ
- 5 หมายถึง ชอบ
- 6 หมายถึง ชอบมาก
- 7 หมายถึง ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาความคงตัว และประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมวนขึ้นรูปกึ่งแข็งในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

เลือกสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมและผู้บริโภคให้การยอมรับจากการทดลองที่ 1 มาทำการศึกษาในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ บรรจุแบบสุญญากาศ และบรรจุแบบปิดผนึกด้วยความร้อนภายในมีวัตถุประสงค์ชั้บออกซิเจน (ใส่วัตถุประสงค์ชั้บออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. คุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่ (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 1)
 - ร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% drying yield)
 - ค่าสี (CIE L*a*b*)
 - ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force)
2. คุณภาพด้านเคมี ได้แก่ (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 3)
 - ค่าความชื้น (moisture content)
 - ค่าแอกติวิตี (water activity, a_w)
 - การหาการออกซิเดชันของไขมัน โดยวิธี 2-Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) $\mu\text{g/g}$
3. คุณภาพด้านจุลินทรีย์ (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 3)
 - จุลินทรีย์รวม
 - *S. aureus*
 - ยีสต์และรา
 - Coliform และ *E. coli*
4. คุณภาพทางประสาทสัมผัส (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 4)

3.5.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร

วิธีการเตรียมจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบแสดงในตารางที่ 3.1 ได้จากห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ โดยทำการจัดเก็บ stock culture ไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เมื่อต้องการทำการทดลอง นำ stock culture มาละลายน้ำแข็ง และทำการเจริญบนอาหารที่เหมาะสมกับเชื้อแต่ละชนิด เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมง เพื่อให้ เชื้อ อยู่ใน สภาวะ late log phase (non-stressed cells) ตาม วิธี ของ Tangwatcharin *et al.* (2006) จากนั้นเตรียมสารละลายแบคทีเรียให้มีความเข้มข้นแบคทีเรีย 10^8 cfu/

มิลลิลิตร (เปรียบเทียบกับ McFarland standard of 0.5) เพื่อนำไปใช้ในการทดลอง ซึ่งประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.1 ศึกษาการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของสารสกัด ด้วยวิธี agar well diffusion ตามวิธีของ Perez (1990) ทำการเจือจางสารสกัดแบบ two fold dilution โดยมีระดับความเข้มข้นของสารสกัด 5 ระดับ ได้แก่ 100, 50, 25, 12.5 และ 6.25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เตรียมสารละลายแบคทีเรียที่มีความเข้มข้นสุดท้ายในจานอาหาร 5×10^7 cfu/มิลลิลิตร นำ sterile cotton จุ่มในสารละลายแบคทีเรียและ swab บนจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ เจาะหลุมด้วย cork-borer (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร) ปิเปิดสารสกัดลงในหลุม ปริมาตร 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิเหมาะสมของเชื้อทดสอบ (ตารางที่ 3.2) เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งหน่วยมิลลิเมตร (รวมกับเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุม)

3.5.3.2 ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบ โดยศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งแบคทีเรีย (Minimum inhibition concentration, MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรีย (Minimum bactericidal concentration) ด้วยวิธี broth micro dilution method ตามวิธีของ CLSI M7-A4 (2002) นำเชื้อแบคทีเรียก่อโรคนิโคตที่อุกยั้งจากข้อ 3.5.3.1 มาทำการศึกษา ทำการเตรียมสารปิเปิดลงในหลุมของ micro plate โดยมีลำดับการใส่ ดังนี้

- ใส่สารสกัดความเข้มข้นแต่ละระดับลงในหลุมปริมาตร 20 ไมโครลิตร
- ใส่อาหาร 2x TSB ปริมาตร 20 ไมโครลิตร
- ใส่อาหาร 1x TSB ปริมาตร 120 ไมโครลิตร
- ใส่เชื้อแบคทีเรีย ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ให้มีระดับความเข้มข้นสุดท้ายใน microplate 5×10^7 cfu/มิลลิลิตร โดยเตรียมกลุ่มควบคุมตัวอย่างละ 3 แบบ ดังนี้
 - 1) growth control คือ อาหารเลี้ยงเชื้อ TSB + แบคทีเรีย
 - 2) negative control คือ ตัวทำละลาย + อาหารเลี้ยงเชื้อ TSB + แบคทีเรีย
 - 3) sterile control คือ ใส่เฉพาะอาหารเลี้ยงเชื้อ

ปิเปิด microplate เขย่าเบาๆ ให้อาหารและเชื้อผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้วทำการวัดความขุ่น จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่า MIC, MIC₉₀ และ MBC โดยนำสารละลายในหลุมของ microplate ที่ใส ปริมาตร 10 ไมโครลิตร เพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA แล้วทำการบันทึกที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัด โดยถ้าพบการเจริญมากกว่า 500 โคโลนี เป็นค่า MIC หากพบการเจริญอยู่ในช่วง 5-500 โคโลนี เป็นค่า MIC₉₀ และถ้าพบการเจริญไม่เกิน 5 โคโลนี เป็นค่า MBC ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถทำลายแบคทีเรียได้ไม่น้อยกว่า 99.9% ของจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวาน ขึ้นรูปกึ่งแข็ง

วิธีการเตรียมสารสกัด

กลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.2 เตรียมสารสกัดโดยการชั่งสารสกัดปริมาณ 2 กรัม ทำการละลายด้วย 95% เอทานอล 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 4.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปผสมในหมูหวาน 1 กิโลกรัม ความเข้มข้นสารสกัดสุดท้ายเท่ากับ 0.0004 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร กลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.4 เตรียมสารสกัดโดยการชั่งสารสกัดปริมาณ 4 กรัม ทำการละลายด้วย 95% เอทานอล 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 4.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปผสมในหมูหวาน 1 กิโลกรัม ความเข้มข้นสารสกัดสุดท้ายเท่ากับ 0.0008 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสุดท้ายกลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.6 เตรียมสารสกัดโดยการชั่งสารสกัดปริมาณ 4 กรัม ทำการละลายด้วย 95% เอทานอล 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 4.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปผสมในหมูหวาน 1 กิโลกรัม ความเข้มข้นสารสกัดสุดท้ายเท่ากับ 0.0012 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เลือกสูตรหมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่สรุปได้จากการทดลองที่ 2 มาทำการทดลองศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มควบคุม
2. กลุ่มที่ใส่ BHT ร้อยละ 0.02
3. กลุ่มที่ใส่โพแทสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.1
4. กลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.2
5. กลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.4
6. กลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.6

บรรจุหมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งในถุงแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. คุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่

- ร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% drying yield) (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 1)

- ค่าสี (CIE $L^*a^*b^*$) (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 1)

- ค่าความสดใส (chroma) และ ค่าองศาของสี (hue angle)

การวิเคราะห์ค่าความสดใส และองศาของสี ตามวิธีการอ้างอิงจาก Saricoban *et al.* (2010) โดยนำค่า a^* (Redness) และ b^* (Yellowness) ที่ทำการวัดด้วยเครื่องวัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Colorimeter MiniScan EZ 4000L (Hunter Lab Inc, Reston, VA, USA) นำมาใช้สำหรับคำนวณหา ค่าความสดใส (chroma) (1) hue angle (2) จากสูตร ดังนี้

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^* + b^*} \quad (1)$$

$$\text{Hue angle} = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force) (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 1)

- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis (TPA) (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 1)

2. คุณภาพด้านเคมี ได้แก่

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีของ Carpenter *et al* (2007) โดยชั่ง ตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่องโฮโมจีไนซ์ จากนั้นนำไปวัดด้วย เครื่องวัด pH meter บันทึกผล กลุ่มการทดลองละ 3 ซ้ำ

- ค่าความชื้น (moisture content) (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 2)

- ค่าแอกทีวิตี (water activity) (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 2)

- ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH)

การวิเคราะห์ความสามารถของสารสกัดในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี ให้ไฮโดรเจนอะตอม (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay) ตาม วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Owele *et al.* (2013) และ Tongnuanchan *et al.* (2012) โดยชั่งตัวอย่าง จำนวน 0.5 กรัม ละลายในเอทานอลความเข้มข้น 75% ปริมาตร 20 มิลลิลิตรนำไปโฮโมจีไนซ์ที่ ความเร็วรอบ 9500 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที และนำมากรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 1 เก็บสารละลายส่วนใส (ตัวอย่าง) โดยดูดสารละลายส่วนใสปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.2 mM DPPH ที่ละลายด้วยเมทานอล ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย ที่ไว้ในที่มีเป็นเวลา 30 นาที นอกจากนี้เตรียมหลอดควบคุมโดยใช้เมทานอลปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และเตรียมหลอด blank ดูดสารละลายส่วนใสปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมกับ เมทานอล 1 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (Shimadzu model UV-1601, Japan) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การ ยับยั้งอนุมูลอิสระจากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ Inhibition of DPPH} = 1 - \frac{(\text{absorbance of sample} - \text{absorbance of blank}) \times 100}{\text{absorbance of control}}$$

3. คุณภาพด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 3)

- จุลินทรีย์รวม
- ยีสต์และรา
- *S. aureus*
- Coliform และ *E. coli*

4. คุณภาพทางประสาทสัมผัส (ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 4)

5. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมู

หวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง

หลังจากได้ผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งที่มีคุณภาพทางด้านการบริโภค (สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส) และมีความปลอดภัยทางด้านการบริโภครวมทั้งมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาที่เหมาะสมแล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) โดยนำตัวอย่าง โปรตีน น้ำ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น และเถ้า ตามวิธีการของ (AOAC, 2005) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต หาได้จากการคำนวณ = 100 - ผลรวมองค์ประกอบเคมีทั้งหมด และประเมินค่าพลังงานจาก โปรตีน ($\times 4 \text{ kcal/g}$) ไขมัน ($\times 9 \text{ kcal/g}$) และคาร์โบไฮเดรต ($\times 4 \text{ kcal/g}$) ของผลิตภัณฑ์ที่หาได้จากกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้น วิเคราะห์

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองที่ 1 การศึกษาสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5: SPSS Inc.) ส่วนจำนวนเชื้อ Coliform และ *E. coli* (MPN/g) นำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้ General Linear Models (GLM) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Chi Square Means ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SAS (SAS, 1985) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

การทดลองที่ 2 การศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยการเปรียบเทียบลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองกลุ่มการทดลองโดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบ t-test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5: SPSS Inc.)

การทดลองที่ 3 ศึกษาความสามารถของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบนอาหาร ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ แต่ยังคงมีค่าเฉลี่ย (\pm SD)

การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งวิเคราะห์ข้อมูลโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5: SPSS Inc.) ส่วนจำนวนเชื้อ Coliform และ *E. coli* (MPN/g) นำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้ General Linear Models (GLM) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Chi Square Means ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SAS (SAS, 1985) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งเปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์ทั้งสองกลุ่มการทดลองโดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบ t-test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5: SPSS Inc.)



บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

4.1.1 ผลของสัดส่วนไขมันต่อคุณภาพด้านกายภาพ

4.1.1.1 ค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% drying yield)

ผลจากการวิเคราะห์ค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้งของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าค่าร้อยละของไขมันที่สูงขึ้นทำให้ค่าร้อยละผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 53.81, 56.67, 60.37, 62.53, 63.20 และ 64.82 ตามลำดับ ($P < 0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่เติมไขมันร้อยละ 15 และ 20 มีค่าร้อยละผลผลิตที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับคุณสมบัติของไขมัน โดยไขมันสามารถช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากโปรตีนของเนื้อในระหว่างกระบวนการทำให้สุก ถ้าผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันเป็นส่วนประกอบสูงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความฉ่ำของน้ำสูง (จุฬารัตน์ เศรษฐกุล, 2539 ; Tarte, 2009) จึงทำให้กลุ่มการทดลองที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบสูงมีค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้สูงกว่ากลุ่มที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบต่ำกว่า Grehan *et al.* (2000) กล่าวว่า การใช้เนื้อแดงในสัดส่วนที่สูงเป็นการเพิ่มราคาต้นทุน และยังส่งผลต่อการผลิต เช่น ผลิตภัณฑ์แห้งเกินไป ความชุ่มฉ่ำน้อย ความอรรอยลดลง และการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก (cooking losses) เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) ต่อค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% drying yield) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

กลุ่มทดลอง (ร้อยละ)	ร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง
ไขมัน 0	53.81 ± 0.71 ^{a,†}
ไขมัน 5	56.67 ± 0.28 ^d
ไขมัน 10	60.37 ± 0.20 ^c
ไขมัน 15	62.53 ± 0.46 ^b
ไขมัน 20	63.20 ± 0.99 ^b
ไขมัน 25	64.82 ± 0.21 ^a

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

[‡] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.1.1.2 ค่าสี (colour)

การวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง ภายหลังจากการอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง 30 นาที และยังเป็นเวลา 6 นาที ทำการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าค่าความสว่าง (lightness, L*) ของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของไขมันเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0 มีค่าความสว่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25 โดยแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าความสว่างเท่ากับ 25.21, 25.51, 25.68, 26.00, 26.28 และ 26.63 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนอิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 25 ที่เก็บรักษานาน 2 และ 4 มีค่าความสว่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับสัปดาห์ที่ 0 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26.63, 26.86 และ 26.98 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ค่าสีแดง (redness, a*) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับการมีสีแดงของผลิตภัณฑ์ จากผลการทดลอง พบว่าค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งลดลงตามสัดส่วนไขมันที่เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5 และ 10 มีค่าสีแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งมีความแตกต่างเท่ากับ 12.39, 11.81 และ 11.18 ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 15, 20 และ 25 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.99, 10.86 และ 10.52 ตามลำดับ นอกจากนี้อิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อ

ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 0 ของกลุ่มการทดลองที่มี

เอกสารนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้

สัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2

สำหรับค่าสีเหลือง (yellowness, b^*) คือค่าที่บ่งบอกถึงระดับการมีสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าความสว่าง คือค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนไขมันเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 25 มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 มีค่าเท่ากับ 9.42, 9.10, 9.32, 10.22, 10.75 และ 11.79 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5 และ 10 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานับกลุ่มการทดลองมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25 มีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 0 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2

อย่างไรก็ตามผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Crehan *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาผลของระดับไขมัน (ร้อยละ 5, 12 และ 30) ต่อค่าการสูญเสียไอน้ำระหว่างทำให้สุก ค่าสี ของ ไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ต (Frankfurter) พบว่าค่าความสว่างของไส้กรอกลดลงเมื่อระดับร้อยละของไขมันลดลง ($P < 0.05$) และมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) เนื่องจากไส้กรอกมีสัดส่วนของเนื้อแดงสูงกว่าส่วนค่าสีเหลืองลดลงตามร้อยละของไขมันและไส้กรอกที่มีไขมันร้อยละ 5 มีค่าต่ำที่สุด ($P < 0.05$) นอกจากนี้ผลการทดลองดังกล่าวยังสอดคล้องกับการทดลองของ Tobin *et al.* (2012) โดยทำการศึกษาผลของระดับเกลือและระดับของไขมัน (ร้อยละ 10, 15, 20 และ 25) ต่อค่าทางประสาทสัมผัสและคุณภาพทางด้านคุณภาพทางด้านกายภาพของไส้กรอก Frankfurter พบว่า ไส้กรอกที่มีระดับไขมันสูงมีค่าความสว่างสูงกว่ากลุ่มที่มีระดับไขมันต่ำแสดงว่ากลุ่มที่มีระดับไขมันสูงมีความสว่างกว่า ส่วนค่าสีแดงลดลงเมื่อระดับไขมันเพิ่มขึ้น เนื่องจากไส้กรอกที่มีปริมาณเนื้อแดงเป็นองค์ประกอบสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงสูงและยังทำให้ค่าความสว่างต่ำ นอกจากนี้ Yilmaz (2004) และ Huang *et al.* (2005) กล่าวว่าไขมันต่ำทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านสี เนื้อสัมผัส และรสชาติของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.2 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าสี (colour) ของผลิตภัณฑ์หุหวานในรูปแบบแข็งแห้ง

Parameter	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ค่าสี					
		ไขมัน 0%	ไขมัน 5%	ไขมัน 10%	ไขมัน 15%	ไขมัน 20%	ไขมัน 25%
Lightness (L*)	สัปดาห์ที่ 0	25.21 ± 0.23 ^{b,BC,SS}	25.51 ± 0.13 ^{DE}	25.68 ± 0.19 ^{b,CD}	26.00 ± 0.18 ^{BC}	26.28 ± 0.28 ^B	26.63 ± 0.06 ^{b,A}
	สัปดาห์ที่ 2	25.55 ± 0.13 ^{ab,D}	25.63 ± 0.10 ^D	25.90 ± 0.26 ^{ab,CD}	26.18 ± 0.35 ^{BC}	26.49 ± 0.33 ^{AB}	26.86 ± 0.08 ^{a,A}
	สัปดาห์ที่ 4	25.66 ± 0.17 ^{ad}	25.79 ± 0.20 ^D	26.17 ± 0.16 ^{a,C}	26.53 ± 0.28 ^B	26.73 ± 0.09 ^{AB}	26.98 ± 0.17 ^{a,A}
Redness (a*)	สัปดาห์ที่ 0	12.39 ± 0.31 ^{BA}	11.81 ± 0.16 ^{a,AB}	11.18 ± 0.30 ^{a,BC}	10.99 ± 0.44 ^{a,D}	10.86 ± 0.48 ^{a,D}	10.52 ± 0.39 ^{a,D}
	สัปดาห์ที่ 2	11.40 ± 0.26 ^{b,A}	10.80 ± 0.13 ^{b,B}	10.48 ± 0.11 ^{b,C}	10.38 ± 0.08 ^{b,C}	10.25 ± 0.09 ^{b,C}	9.93 ± 0.08 ^{b,D}
	สัปดาห์ที่ 4	10.79 ± 0.11 ^{c,A}	10.50 ± 0.40 ^{b,AB}	10.22 ± 0.12 ^{b,BC}	10.11 ± 0.18 ^{b,C}	9.94 ± 0.07 ^{b,CD}	9.71 ± 0.05 ^{b,D}
Yellowness (b*)	สัปดาห์ที่ 0	9.42 ± 0.25 ^{a,b,p}	9.10 ± 0.22 ^{c,d}	9.32 ± 0.30 ^{c,d}	10.22 ± 0.41 ^{b,C}	10.75 ± 0.24 ^{b,B}	11.79 ± 0.26 ^{b,A}
	สัปดาห์ที่ 2	9.91 ± 0.59 ^{ab,C}	9.70 ± 0.10 ^{b,C}	10.01 ± 0.21 ^{b,C}	10.61 ± 0.38 ^{b,B}	11.08 ± 0.08 ^{b,B}	11.98 ± 0.32 ^{b,A}
	สัปดาห์ที่ 4	10.46 ± 0.40 ^{a,C}	10.54 ± 0.28 ^{a,D}	10.92 ± 0.35 ^{a,C}	12.01 ± 0.40 ^{a,B}	12.09 ± 0.18 ^{a,B}	12.68 ± 0.13 ^{a,A}

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

^{*} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[§] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.1.1.3 ค่าแรงเฉือน (shear force)

จากการวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง ภายหลังจากการอบแล้วอย่างที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าหมูหวานกลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 15, 20 และ 25 มีค่าแรงเฉือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5 และ 10 โดยแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 32.16, 24.29, 21.60, 18.13, 16.37 และ 14.56 N ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็นระยะเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานทุกกลุ่มการทดลองค่าแรงเฉือนลดลง โดยกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 5 และ 10 มีค่าแรงเฉือนในสัปดาห์ที่ 0 และ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 15, 20 และ 25 มีค่าแรงเฉือนในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับสัปดาห์ที่ 0 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจอร์กี้เป็นสิ่งที่สำคัญในค่านับประสาทสัมผัสรวม ซึ่งเนื้อสัมผัสของเจอร์กี้จะเกี่ยวข้องกับค่าความชื้น (Farouk and Swan, 1999 ; Lee and Kang, 2003) และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหมูหวานที่มีไขมันสูงมีค่าความชื้นสูง ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น

4.1.1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis, TPA)

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง ภายหลังจากการอบแล้วอย่างของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่มีสัดส่วนไขมันเพิ่มขึ้นส่งผลให้ทุกกลุ่มการทดลองมีค่าความแข็ง (hardness) ลดลง ($P < 0.05$) มีค่าเท่ากับ 32.49, 35.05, 31.05, 28.97, 25.44 และ 24.19 ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลงในทุกกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) มีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของสัดส่วน โดยผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งทุกกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 มีค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 0.66, 0.64, 0.65, 0.63, 0.61 และ 0.60 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นพบว่ากลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 15, 20 และ 25 มีค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 4

ผลค่าความเหนียว (gumminess) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง พบว่าค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 24.4, 22.7, 20.1, 17.2, 14.6 และ 10.0 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นทำให้ค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลงในทุกกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้ได้รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่าความยืดหยุ่น (springiness) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของไขมันเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นค่าความยืดหยุ่นก็ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

และสุดท้ายค่าการเคี้ยวได้ (chewiness) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง พบว่าค่าการเคี้ยวได้ของผลิตภัณฑ์ในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 24.56, 22.55, 20.11, 17.25, 14.58 และ 10.03 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นทำให้ค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลงในทุกกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4

จากผลการทดลอง สอดคล้องกับการทดลองของ Cengiz and Gokoglu. (2007) ทำการศึกษาการลดปริมาณไขมัน (ร้อยละ 0, 10, 20) และการใช้ไขมันทดแทนต่อคุณภาพของไส้กรอก รายงานว่า ไส้กรอกที่มีปริมาณไขมันต่ำมีลักษณะของเนื้อสัมผัสโดยรวม (ค่าความแข็ง ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว ค่าความยืดหยุ่นและค่าการเคี้ยวได้) ต่ำกว่าไส้กรอกที่มีไขมันปริมาณ ไขมันสูงเนื่องจากไขมันมีผลในการช่วยการอุ้มน้ำทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มและฉ่ำเนื้อของไส้กรอก ขณะที่ Uth (2006) รายงานว่าไขมันที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นในลูกชิ้นทั้งดิบและสุก Crehan *et al.* (2000) กล่าวว่าบทบาทของไขมันมีความสำคัญต่อการกำหนดประเภทของอาหารเพราะไขมันในอาหารเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น วิตามิน และพลังงาน นอกจากนี้ไขมันยังมีบทบาทในด้านเนื้อสัมผัส ความชุ่มฉ่ำน้ำ และรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

ตารางที่ 4.3 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานที่บรรจุปลีแก๊สแข็ง

ระยะเวลา	ค่าแรงเฉือน (N)				
	ไขมัน 0%	ไขมัน 5%	ไขมัน 10%	ไขมัน 15%	ไขมัน 20%
การเก็บรักษา					
สัปดาห์ที่ 0	32.16 ± 0.16 ^{a,A,t,†,‡}	24.29 ± 0.02 ^{†,§}	21.60 ± 0.06 ^{a,†}	18.13 ± 0.14 ^{a,D}	16.37 ± 0.20 ^{a,DE}
สัปดาห์ที่ 2	28.46 ± 0.10 ^{b,A}	23.94 ± 0.03 ^{†,§}	20.57 ± 0.06 ^{a,C}	13.93 ± 0.04 ^{b,D}	13.93 ± 0.25 ^{b,E}
สัปดาห์ที่ 4	26.78 ± 0.21 ^{b,A}	22.60 ± 0.07 ^{†,§}	19.08 ± 0.03 ^{b,C}	12.15 ± 0.16 ^{b,D}	12.15 ± 0.23 ^{b,DE}

t คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

† ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

‡ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

§ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.4 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis, TPA) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขนรูปกึ่งแข็ง

Parameter	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม					
		ไขมัน 0%	ไขมัน 5%	ไขมัน 10%	ไขมัน 15%	ไขมัน 20%	ไขมัน 25%
Hardness (N)	สัปดาห์ที่ 0	36.49 ± 0.74 ^{a, A, F, S}	35.05 ± 0.75 ^{a, B}	31.05 ± 0.91 ^{a, C}	28.97 ± 30.17 ^{a, D}	25.44 ± 0.32 ^{a, E}	24.19 ± 0.47 ^{a, F}
	สัปดาห์ที่ 2	33.99 ± 0.58 ^{b, S}	32.14 ± 0.23 ^{b, B}	29.64 ± 0.64 ^{b, C}	26.76 ± 0.54 ^{b, D}	18.39 ± 0.36 ^{b, E}	16.27 ± 0.62 ^{b, F}
	สัปดาห์ที่ 4	32.09 ± 0.06 ^{c, A}	30.34 ± 0.83 ^{c, B}	27.43 ± 0.17 ^{c, C}	19.79 ± 0.87 ^{c, D}	15.68 ± 0.45 ^{c, E}	12.46 ± 0.54 ^{c, F}
Cohesiveness (ratio)	สัปดาห์ที่ 0	0.66 ± 0.02	0.64 ± 0.04	0.65 ± 0.02	0.62 ± 0.03 ^{ab}	0.61 ± 0.05 ^b	0.60 ± 0.07 ^b
	สัปดาห์ที่ 2	0.66 ± 0.03	0.64 ± 0.03	0.63 ± 0.01	0.61 ± 0.03 ^b	0.61 ± 0.04 ^b	0.61 ± 0.08 ^{ab}
	สัปดาห์ที่ 4	0.65 ± 0.02	0.65 ± 0.02	0.64 ± 0.03	0.67 ± 0.03 ^b	0.67 ± 0.05 ^a	0.68 ± 0.05 ^a
Gumminess (N)	สัปดาห์ที่ 0	24.4 ± 0.47 ^{a, A}	22.7 ± 0.06 ^{a, B}	20.1 ± 0.24 ^{a, C}	17.2 ± 0.03 ^{a, D}	14.6 ± 0.36 ^{a, E}	10.0 ± 0.68 ^{a, F}
	สัปดาห์ที่ 2	22.3 ± 0.81 ^{b, A}	20.6 ± 0.16 ^{b, B}	19.0 ± 0.41 ^{a, C}	14.9 ± 0.46 ^{b, D}	9.0 ± 0.13 ^{b, E}	8.4 ± 0.68 ^{b, E}
	สัปดาห์ที่ 4	20.2 ± 0.68 ^{c, A}	18.8 ± 0.43 ^{c, B}	16.7 ± 0.87 ^{b, C}	12.1 ± 0.19 ^{c, D}	8.1 ± 0.67 ^{b, E}	7.0 ± 0.07 ^{c, F}
Springiness (ratio)	สัปดาห์ที่ 0	0.88 ± 0.06	0.90 ± 0.03	0.91 ± 0.03	0.90 ± 0.03	0.93 ± 0.01	0.90 ± 0.05
	สัปดาห์ที่ 2	0.91 ± 0.05	0.90 ± 0.06	0.90 ± 0.06	0.90 ± 0.03	0.89 ± 0.06	0.80 ± 0.06
	สัปดาห์ที่ 4	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.03	0.91 ± 0.02	0.88 ± 0.05	0.90 ± 0.07	0.93 ± 0.07
Chewiness (N)	สัปดาห์ที่ 0	24.56 ± 0.42 ^{a, A}	22.55 ± 0.27 ^{a, B}	20.11 ± 0.25 ^{a, C}	17.25 ± 0.46 ^{a, D}	14.58 ± 0.36 ^{a, E}	10.03 ± 0.70 ^{a, F}
	สัปดาห์ที่ 2	22.24 ± 2.23 ^{b, A}	20.58 ± 0.67 ^{b, B}	18.95 ± 0.57 ^{a, C}	14.95 ± 0.47 ^{b, D}	9.02 ± 0.13 ^{b, E}	8.44 ± 0.67 ^{b, E}
	สัปดาห์ที่ 4	20.20 ± 0.73 ^{c, A}	18.84 ± 0.43 ^{c, B}	16.69 ± 0.87 ^{b, C}	12.13 ± 0.20 ^{c, D}	8.14 ± 0.67 ^{b, E}	6.99 ± 0.06 ^{c, F}

^{a-f} คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 กับการผลิต

^{A-F} คืออักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^S คืออักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.1.2 ผลของสัดส่วนไขมันต่อคุณภาพด้านเคมี

4.1.2.1 ค่าความชื้น (moisture content)

การวิเคราะห์ค่าความชื้นในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งภายหลังการอบแล้ว พบว่าค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของไขมันที่เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มการทดลองที่มีไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีความเท่ากับ 13.48, 13.80, 14.24, 15.54, 15.69 และ 16.75 ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นเป็นเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าค่าความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มการทดลอง โดยในสัปดาห์ที่ 0 และ 2 ของกลุ่มทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 5 และ 15 มีค่าความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสัปดาห์ที่ 4 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.5

ไขมันในอาหารช่วยในการสูบน้ำเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำระเหย กระบวนการทำให้สุก ถ้าในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบสูงส่งผลต่อค่าความชื้นในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ สูง (Tarte, 2009) ซึ่ง Jose *et al.* (1994) กล่าวว่าโดยปกติอาหารกึ่งแข็งมีความชื้นประมาณร้อยละ 15-40 และระดับความชื้นจะเป็นชี้วัดในการแบ่งประเภทของอาหาร

4.1.2.2 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity, a_w)

การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตีในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งหลังการอบแล้ว พบว่าหมูหวานกลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันสูงมีแนวโน้มมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันต่ำ โดยกลุ่มการทดลองที่มีไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับค่าความชื้น และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็นเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มการทดลองที่มีไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกึ่งแข็ง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2555) กำหนดไว้ว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตีของกึ่งแข็งต้องไม่เกิน 0.86 โดยจะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้หากต้องการให้ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาได้นานควรมีค่า $a_w < 0.70$ Komieczny *et al.* (2007) กล่าวว่าถ้า a_w ของผลิตภัณฑ์เจอร์รี่ต่ำกว่า 0.70 จะสามารถควบคุมการเจริญของราได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น และเนื้อเจอร์รี่ที่วางขายก็มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่า 0.85 โดยจะเห็นได้ว่ากลุ่มที่มีระดับไขมันร้อยละ 0 มีค่าต่ำที่สุด ($P<0.05$) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างไม่มีไขมันเป็นองค์ประกอบจึงทำให้มีค่า a_w ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ ส่วนกลุ่มที่มีการเติมไขมันจะมีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) นอกจากนี้ Calicioglu *et al.* (2003) รายงานว่าในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เจอร์รี่ที่มีค่า a_w ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก

4.1.2.3 ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs)

การวิเคราะห์การออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง หลังผ่านกระบวนการอบแล้วอย่างที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของไขมัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 4.45, 8.93, 12.00, 12.28, 16.02 และ 18.09 ตามลำดับ กลุ่มการทดลองที่มีไขมันร้อยละ 10 และ 15 ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเป็นเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในสัปดาห์ที่ 4 กลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 25 มีค่าการออกซิเดชันของไขมันสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น มีค่าเท่ากับ 19.15, 28.21, 35.01, 36.60, 49.13 และ 62.60 ตามลำดับสัดส่วนไขมันที่เพิ่มขึ้น ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.7

การออกซิเดชันของไขมันโดยสารวัดปริมาณ (Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs) พบว่าค่า TBARs สูงขึ้นตามระดับของไขมันและอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปริมาณไขมันมากขึ้นทำให้มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่า (ชัยณรงค์ ลิ้นจระเข้, 2529) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jo *et al.* (1999) ทำการศึกษาการออกซิเดชันของไขมัน การเปลี่ยนแปลงค่าสีและคราก volatiles ในไส้กรอกที่มีระดับไขมันแตกต่างกัน กล่าวว่า ค่าการออกซิเดชันของไขมันในไส้กรอกเพิ่มขึ้นเมื่อไส้กรอกมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่สูงส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเกิดได้ง่ายกว่ากลุ่มการทดลองที่มีไขมันระดับต่ำ โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อไขมันในผลิตภัณฑ์สัมผัสกับออกซิเจนและปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ Gordon (2001) กล่าวว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เป็นปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้นได้เอง (auto oxidation) โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ยิ่งถ้ามีพันธะคู่มากปฏิกิริยาออกซิเดชันก็จะยิ่งเกิดเร็วมากขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจน และอนุมูลอิสระ (free radical) เกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroper-oxide) สารเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้จะสลายตัวเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็ก ๆ ที่ทำให้มีกลิ่นหืนและเกิดเป็นอนุมูลอิสระที่เริ่มต้นของปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไปได้อีก Shahid *et al.* (2008) มักเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูป การให้ความร้อน และการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.5 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความชื้น (moisture content) ของผลิตภัณฑ์หุหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง

ระยะเวลา	ความชื้น				
	ไขมัน 0%	ไขมัน 5%	ไขมัน 10%	ไขมัน 15%	ไขมัน 20%
การเก็บรักษา					
สัปดาห์ที่ 0	13.48 ± 0.95 ^{B,t,t,s}	13.80 ± 0.93 ^{b,B}	14.24 ± 0.39 ^b	15.54 ± 0.12 ^{b,AB}	15.69 ± 1.46 ^{AB}
สัปดาห์ที่ 2	13.69 ± 0.79 ^C	15.49 ± 0.98 ^{b,B}	14.27 ± 1.22 ^C	15.94 ± 0.33 ^{b,B}	16.83 ± 0.98 ^{AB}
สัปดาห์ที่ 4	15.25 ± 1.42 ^C	18.13 ± 0.22 ^{a,B}	15.22 ± 0.18 ^C	17.23 ± 0.18 ^{a,B}	19.91 ± 0.25 ^A

^t คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

^t ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^s ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.6 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าออกซิเดชัน (water activity, a_w) ของผลิตภัณฑ์หุหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง

ระยะเวลา	ออกซิเดชัน				
	ไขมัน 0%	ไขมัน 5%	ไขมัน 10%	ไขมัน 15%	ไขมัน 20%
การเก็บรักษา					
สัปดาห์ที่ 0	0.63 ± 0.05 ^{C,t,t,s}	0.64 ± 0.04 ^{BC}	0.66 ± 0.03 ^A	0.66 ± 0.03 ^A	0.67 ± 0.03 ^A
สัปดาห์ที่ 2	0.65 ± 0.05 ^B	0.64 ± 0.04 ^B	0.67 ± 0.03 ^A	0.67 ± 0.03 ^A	0.67 ± 0.02 ^A
สัปดาห์ที่ 4	0.69 ± 0.05 ^{AB}	0.68 ± 0.04 ^B	0.70 ± 0.02 ^A	0.69 ± 0.03 ^{AB}	0.68 ± 0.02 ^{AB}

^t คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

^t ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^s ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.7 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) (mg MDA/kg meat) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานชั้นรูป

สัปดาห์ที่	การออกซิเดชันของไขมัน				
	ไขมัน 0%	ไขมัน 5%	ไขมัน 10%	ไขมัน 15%	ไขมัน 20%
การเก็บรักษา					
สัปดาห์ที่ 0	4.45 ± 0.53 ^{c,E,H,I,S}	8.93 ± 0.47 ^{c,D}	12.00 ± 0.60 ^{c,C}	12.28 ± 0.63 ^{c,C}	18.09 ± 0.73 ^{c,A}
สัปดาห์ที่ 2	12.93 ± 0.90 ^{b,E}	13.89 ± 0.58 ^{b,E}	24.33 ± 0.52 ^{b,D}	29.07 ± 0.77 ^{b,C}	41.44 ± 0.81 ^{b,A}
สัปดาห์ที่ 4	19.15 ± 0.56 ^{b,F}	28.21 ± 0.76 ^{b,E}	35.01 ± 0.21 ^{a,D}	36.60 ± 0.42 ^{b,C}	62.60 ± 0.69 ^{a,A}

^{a-f} คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

[†] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

[‡] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.1.3 ผลของสัดส่วนไขมันต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์

การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่ามีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในส่วนผสมก่อนการอบแล้วอย่างของผลิตภัณฑ์กลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 จำนวน 5.75, 5.77, 5.69, 5.92, 5.81 และ 5.90 log cfu/g ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ภายหลังจากการอบแล้วอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่อุณหภูมิห้องในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศเป็นระยะเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g)

การวิเคราะห์หาจำนวน *S. aureus* ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวาน พบว่าก่อนทำการอบแล้วอย่างพบการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์กลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 จำนวน 4.16, 4.14, 4.15, 4.07, 4.13 และ 4.13 log cfu/g ตามลำดับ ($P>0.05$) แต่ภายหลังจากการอบแล้วอย่างมีจำนวน *S. aureus* ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่อุณหภูมิห้องในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศเป็นระยะเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวน *S. aureus* ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.8

การวิเคราะห์หาจำนวน *Salmonella* spp. ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานพบว่าก่อนทำการอบแล้วอย่าง (ดังแสดงในตารางที่ 4.8) พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์กลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 จำนวน 3.63, 3.71, 3.69, 3.71, 3.72 และ 3.64 log cfu/g ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ภายหลังจากการอบแล้วอย่างจำนวน *Salmonella* spp. ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่อุณหภูมิห้องในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศเป็นระยะเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวน *Salmonella* spp. ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g)

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์หาจำนวนยีสต์และราในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งพบว่าก่อนทำการอบแล้วอย่างพบการปนเปื้อนยีสต์ราในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์กลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 จำนวน 4.75, 4.75, 4.66, 4.67, 4.56 และ 4.72 log cfu/g ตามลำดับ ($P>0.05$) ภายหลังจากการอบแล้วอย่างจำนวนยีสต์ราต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) และเมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่อุณหภูมิห้องในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศเป็นระยะเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนยีสต์ราต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาจำนวน Coliform และ *E. coli* ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งก่อนทำการอบแล้วพบว่าก่อนทำการอบแล้วพบการปนเปื้อน Coliform และ Fecal Coliform ในส่วนผสมของกลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 จำนวน 290, 240, 460, 210, 290 และ 150 MPN/g ตามลำดับ ($P > 0.05$) และตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* ใดๆ ก็ตามภายหลังการอบแล้วอย่างทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวน Coliform, Fecal Coliform และ *E. coli* น้อยกว่า 3 MPN/g และเมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่อุณหภูมิห้องในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศเป็นระยะเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองตรวจไม่พบ Coliform และ *E. coli* ตรงตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของกรุงเทพฯ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2555) กำหนดว่ามาตรฐาน *E. coli* โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.9

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของไขมัน ไม่มีผลต่อจำนวนของจำนวนจุลินทรีย์เพราะหลังจากผ่านกระบวนการทำให้สุกพบว่า ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ ($< 1 \log \text{ cfu/g}$) เนื่องจากว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานผ่านการให้ความร้อนที่เป็นไปตามมาตรฐานการทำให้สุก คืออุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์ต้องมากกว่า 71 องศาเซลเซียส จึงสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ โดยผลิตภัณฑ์หมูหวานอบด้วยอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงซึ่งทำให้อุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์สูงกว่า 71 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของกรุงเทพฯ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2555) กำหนดว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคลิฟอร์มต่อตัวอย่าง 1 กรัม สแตฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า 100 โคลิฟอร์มต่อตัวอย่าง 1 กรัม แซลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 100 โคลิฟอร์มต่อตัวอย่าง 1 กรัม และสาคูยีสต์เฮสเซอร์เรีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งอุณหภูมิในการอบมีผลต่อจำนวนเชื้อโดยเชื้อเหล่านี้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระบวนการอบสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ประกอบกับผลิตภัณฑ์ที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่าระดับที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้

ตารางที่ 4.8 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หอยหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)					
		ไขมัน 0%	ไขมัน 5%	ไขมัน 10%	ไขมัน 15%	ไขมัน 20%	ไขมัน 25%
Total plate count	ก่อนอบแห้ง	5.75 ± 0.16 [†]	5.77 ± 0.18	5.69 ± 0.17	5.92 ± 0.09	5.81 ± 0.20	5.90 ± 0.10
	สัปดาห์ที่ 0	<1*	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 4	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<i>S. aureus</i>	ก่อนอบแห้ง	4.16 ± 0.05	4.14 ± 0.05	4.15 ± 0.06	4.07 ± 0.03	4.13 ± 0.10	4.13 ± 0.11
	สัปดาห์ที่ 0	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 4	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<i>Salmonella</i> spp.	ก่อนอบแห้ง	3.63 ± 0.13	3.71 ± 0.18	3.69 ± 0.20	3.71 ± 0.12	3.72 ± 0.20	3.64 ± 0.16
	สัปดาห์ที่ 0	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 4	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Yeast/Mold	ก่อนอบแห้ง	4.75 ± 0.14	4.75 ± 0.12	4.66 ± 0.13	4.67 ± 0.39	4.56 ± 0.04	4.72 ± 0.12
	สัปดาห์ที่ 0	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 4	<1	<1	<1	<1	<1	<1

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

* น้อยกว่า 1 log cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

ตารางที่ 4.9 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อจำนวน Coliform และ *E. coli* (MPN/g) ในผลิตภัณฑ์หวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

ชื่อที่ศึกษา	ระยะเวลา การเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ (MPN/g)					
		ไขมัน 0%	ไขมัน 5%	ไขมัน 10%	ไขมัน 15%	ไขมัน 20%	ไขมัน 25%
Total Coliform	ก่อนอบแล้ว	290	240	460	210	290	150
	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Fecal Coliform	ก่อนอบแล้ว	290	240	460	210	290	150
	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3	<3	<3	<3	<3
<i>E. coli</i>	ก่อนอบแล้ว	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3	<3	<3	<3	<3

4.1.4 ผลของสัดส่วนไขมันต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ความชอบ) ของผู้บริโภค

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งภายหลังการอบแล้วอย่างที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าในสัปดาห์ที่ 0 (หลังการอบแล้วอย่าง) พบว่าผลิตภัณฑ์ทุกกลุ่มการทดลองได้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.20, 5.24, 5.27, 5.09, 4.03 และ 5.01 ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่มีสัดส่วนร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบสูงสุด คือ 5.27 เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 2 และ 4 สัปดาห์พบว่าคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ลดลงในทุกกลุ่มการทดลอง โดยกลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 10, 20 และ 25 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

คุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าคะแนนความชอบด้านสีลดลงเมื่อผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนไขมันเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์หมูหวานมีคะแนนความชอบเท่ากับ 5.26, 5.27, 5.21, 5.13, 4.87 และ 4.83 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 20 และ 25 มีคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับกลุ่มควบคุม เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นพบว่ากลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 10, 15, 20 และ 25 มีคะแนนความชอบในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัปดาห์ที่ 0

คุณลักษณะด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ซึ่งได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นเท่ากับ 5.07, 4.89, 4.80, 4.87, 4.73 และ 4.89 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ากลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25 ได้คะแนนความชอบน้อยกว่ากลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0 ($P>0.05$) เมื่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น พบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 20 และ 25 ได้คะแนนความชอบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 5.04, 4.83, 5.34, 5.40, 5.31 และ 5.00 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 10, 15 และ 20 มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่มีไขมันร้อยละ 5 ($P<0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นพบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีคะแนนความชอบลดลง โดยกลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0 และ 25 มีคะแนนความชอบในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสัปดาห์ที่ 0 ($P<0.05$)

คุณลักษณะด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าคะแนนความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 4.94,

5.29, 5.24, 5.19, 5.06 และ 4.96 ตามลำดับ ($P>0.05$) เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 20 และ 25 ได้คะแนนด้านรสชาติในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ต่ำกว่าในสัปดาห์ที่ 0 ($P < 0.05$)

คุณลักษณะด้านความหวานของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าคะแนนความชอบด้านความหวานของผลิตภัณฑ์ในทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 5.10, 5.20, 5.03, 4.99, 4.83 และ 4.87 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น (สัปดาห์ที่ 0, 2 และ 4) พบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 25 มีคะแนนเท่ากับ 4.87, 4.36 และ 4.11 ตามลำดับ โดยคะแนนความชอบในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 0

ส่วนคุณลักษณะคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าคะแนนความชอบด้านคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 5.10, 5.24, 5.30, 5.21, 5.07 และ 5.06 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 5, 10 และ 15 ได้คะแนนความชอบสูง ($P > 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนความชอบลดลง โดยกลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 5, 20 และ 25 มีคะแนนความชอบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-10



ตารางที่ 4.10 สัดส่วนร้อยละของไขมัน (%) และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการศึกษาประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์หูกวนขึ้นรูปกึ่งแข็ง

คุณลักษณะ	ระยะเวลา การเก็บรักษา	คะแนนความชอบ					
		ไขมัน 0%	ไขมัน 5%	ไขมัน 10%	ไขมัน 15%	ไขมัน 20%	ไขมัน 25%
ลักษณะปรากฏ	สัปดาห์ที่ 0	5.20 ± 1.03 ^{†,†,§}	5.24 ± 0.95 [†]	5.27 ± 1.02 [†]	5.09 ± 0.96	4.93 ± 1.05 [†]	5.01 ± 1.01 [†]
	สัปดาห์ที่ 2	5.09 ± 0.97 [†]	5.20 ± 0.93 [†]	4.97 ± 0.85 ^{b,A}	4.99 ± 0.73 ^A	4.46 ± 1.09 ^{b,B}	4.51 ± 1.00 ^{b,B}
	สัปดาห์ที่ 4	4.93 ± 0.82 [†]	4.94 ± 0.76 [†]	4.80 ± 0.69 ^{b,A}	4.93 ± 0.57 ^A	4.31 ± 1.04 ^{b,B}	4.37 ± 0.94 ^{b,B}
สี	สัปดาห์ที่ 0	5.26 ± 1.03 ^{†,†,§}	5.17 ± 0.99 ^{ABC}	5.21 ± 0.88 ^{AB}	5.13 ± 0.92 ^{a,ABC}	4.87 ± 1.01 ^{a,BC}	4.83 ± 1.05 ^{a,C}
	สัปดาห์ที่ 2	5.03 ± 0.93 [†]	5.01 ± 0.85 [†]	4.87 ± 0.93 ^{b,A}	4.81 ± 0.89 ^{b,A}	4.27 ± 1.05 ^{b,B}	4.39 ± 1.07 ^{b,B}
	สัปดาห์ที่ 4	4.97 ± 0.90 [†]	5.03 ± 0.85 [†]	4.81 ± 0.93 ^{b,A}	4.97 ± 0.72 ^{ab,A}	4.19 ± 1.03 ^{b,B}	4.34 ± 1.02 ^{b,B}
กลิ่น	สัปดาห์ที่ 0	5.07 ± 1.09	4.89 ± 1.16	4.80 ± 1.02	4.87 ± 1.01	4.73 ± 1.06 [†]	4.89 ± 1.03 [†]
	สัปดาห์ที่ 2	4.91 ± 1.00 [†]	4.67 ± 1.05 ^{†,AB}	4.66 ± 1.03 ^{†,AB}	4.69 ± 1.00 ^{†,AB}	4.30 ± 1.17 ^{b,BC}	4.21 ± 1.24 ^{b,C}
	สัปดาห์ที่ 4	4.77 ± 0.84 [†]	4.61 ± 0.95 [†]	4.53 ± 0.86 [†]	4.63 ± 0.82 [†]	4.13 ± 0.96 ^{b,B}	4.03 ± 1.06 ^{b,B}
เนื้อสัมผัส	สัปดาห์ที่ 0	5.04 ± 1.17 ^{†,AB}	4.83 ± 1.18 ^{†,B}	5.34 ± 1.03 ^{†,aA}	5.40 ± 1.04 [†]	5.31 ± 0.93 ^{a,A}	5.00 ± 1.24 ^{a,AB}
	สัปดาห์ที่ 2	4.17 ± 1.17 ^{b,D}	4.51 ± 1.18 ^{†,ab,CD}	5.03 ± 1.04 ^{†,ab,AB}	5.30 ± 1.05 [†]	4.84 ± 1.26 ^{b,BC}	4.67 ± 1.27 ^{†,ab,BC}
	สัปดาห์ที่ 4	3.96 ± 1.04 ^{b,C}	4.37 ± 1.18 ^{†,b,B}	4.86 ± 0.97 ^{†,b,A}	5.03 ± 1.10 [†]	4.66 ± 1.30 ^{b,AB}	4.34 ± 1.25 ^{b,B}
รสชาติ	สัปดาห์ที่ 0	4.94 ± 1.10	5.29 ± 1.02 ^{†,†,†}	5.24 ± 1.10 [†]	5.19 ± 1.13	5.06 ± 1.06 [†]	4.96 ± 1.13 [†]
	สัปดาห์ที่ 2	4.93 ± 1.17 [†]	5.04 ± 1.10 [†]	4.94 ± 0.96 ^{†,b,A}	5.00 ± 1.14 [†]	4.49 ± 1.11 ^{b,B}	4.46 ± 1.14 ^{b,B}
	สัปดาห์ที่ 4	4.84 ± 1.06 [†]	4.97 ± 1.02 [†]	4.86 ± 0.87 ^{†,b,A}	4.94 ± 1.11 [†]	4.43 ± 1.08 ^{b,B}	4.40 ± 1.22 ^{b,B}

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ระยะเวลา	คะแนนความชอบ						
		ไขมัน 0%	ไขมัน 5%	ไขมัน 10%	ไขมัน 15%	ไขมัน 20%	ไขมัน 25%	
ความหวาน	สัปดาห์ที่ 0	5.10 ± 1.17 ^a	5.20 ± 1.21	5.03 ± 1.23 ^a	4.99 ± 1.22	4.83 ± 1.14	4.87 ± 1.18 ^a	
	สัปดาห์ที่ 2	4.81 ± 1.16 ^{abAB}	5.04 ± 1.13 ^A	4.76 ± 1.08 ^{abAB}	4.97 ± 1.15 ^{AB}	4.59 ± 1.20 ^{BC}	4.36 ± 1.08 ^{bC}	
	สัปดาห์ที่ 4	4.64 ± 0.95 ^{bA}	4.83 ± 0.92 ^A	4.60 ± 0.87 ^{bA}	4.87 ± 0.99 ^A	4.54 ± 1.16 ^A	4.11 ± 0.98 ^{bB}	
คุณภาพโดยรวม	สัปดาห์ที่ 0	5.10 ± 1.17	5.24 ± 0.94 ^a	5.30 ± 1.05 ^a	5.21 ± 0.83	5.07 ± 1.03 ^a	5.06 ± 1.11 ^a	
	สัปดาห์ที่ 2	4.90 ± 1.08 ^{AB}	5.16 ± 1.07 ^{aA}	5.00 ± 0.90 ^{abAB}	5.01 ± 1.00 ^{AB}	4.63 ± 1.22 ^{bBC}	4.51 ± 1.18 ^{bC}	
	สัปดาห์ที่ 4	4.77 ± 0.97 ^A	4.80 ± 0.86 ^{bA}	4.94 ± 0.81 ^{bA}	4.99 ± 0.83 ^A	4.41 ± 0.91 ^{bB}	4.24 ± 1.04 ^{bB}	

^a คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

⁺ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันโดยมีขีดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{*} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันโดยมีขีดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบ, 4 = เล็ก, 5 = ชอบ, 6 = ชอบมาก, 7 = ชอบมากที่สุด

4.2 ศึกษาความคงตัว และประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

เลือกสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมและผู้บริโภคให้การยอมรับจากการทดลองที่ 1 มาทำการศึกษาในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่การบรรจุแบบสุญญากาศ (vacuum package) และการบรรจุแบบมีอากาศภายในมีวัตถุประสงค์ขั้วออกซิเจน (aerobic package) โดยศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งเป็นระยะเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์ วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ซึ่งผลการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพด้านกายภาพ

4.2.1.1 ค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (%drying yield)

เมื่อกำหนดค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (%drying yield) ดังแสดงในตารางที่ 4.11 พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งหลังผ่านกระบวนการทำให้สุกในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับร้อยละ 60.67

4.2.1.2 ค่าสี (colour)

ค่าความสว่าง (lightness, L^*) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบบรรจุสุญญากาศและบรรจุแบบมีอากาศพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 26.40 และ 25.36 ตามลำดับ เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งนานขึ้นเป็นระยะเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ พบว่าค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($P>0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าความสว่างเท่ากับ 26.40, 29.10, 30.38, 30.90 และ 31.34 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศมีค่าเท่ากับ 25.36, 28.64, 29.35, 29.40 และ 30.92 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าความสว่างสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศ ($P>0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.12

ค่าสีแดง (redness, a^*) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.12 ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบบรรจุสุญญากาศและบรรจุแบบมีอากาศพบว่า ค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานทั้งสองแบบบรรจุภัณฑ์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 10.04 และ 10.34 ตามลำดับ แต่ในสัปดาห์ที่ 2 พบว่าค่าสีแดงมีความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการบรรจุทั้งสองแบบ ซึ่งอาจเนื่องมาจากความสม่ำเสมอเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของตัวอย่างที่ทำการวัดจึงทำให้ได้ผลการทดลองที่มีความแตกต่าง และเมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งนานขึ้นเป็นระยะเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ พบว่าค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศและบรรจุแบบมีอากาศมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 10.04, 7.71, 6.51, 6.25 และ 5.89 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศมีค่าเท่ากับ 10.34, 9.76, 7.56, 7.18 และ 6.85 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ค่าสีเหลือง (yellowness, b^*) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบบรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศพบว่า ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันมีค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าสีเหลืองเท่ากับ 8.54 และ 8.68 ตามลำดับ ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเป็นระยะเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าสีเหลืองเท่ากับ 8.54, 8.86, 9.36, 9.92 และ 12.57 ตามลำดับ ส่วนการบรรจุแบบมีอากาศมีค่าสีเหลืองเท่ากับ 8.68, 9.35, 10.01, 10.75 และ 12.64 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบพบว่าเป็นที่ 2, 4, 6 และ 8 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่บรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลืองมากกว่าบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.12

Martinez *et al.* (2006) ทำการศึกษาผลของความชื้นของออกซิเจนต่ออายุการเก็บรักษาไส้กรอกสดที่เก็บในบรรจุภัณฑ์แบบดัดแปลงบรรยากาศ โดยผสม ($\%O_2 / \%CO_2 / \%N_2$): 0/20/80, 0/20/80 + O_2 scavenger, 20/20/60, 40/20/40, 60/20/20 และ 80/20/0 บรรจุแบบสุญญากาศ หรือ over-wrap ด้วยออกซิเจนฟิล์ม เก็บรักษา 20 วัน ที่ $2 \pm 1^\circ C$ ในที่มืด พบว่าไส้กรอกที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีออกซิเจนสูงมีค่าสีแดงสูง ในช่วง 8-10 วัน ($P < 0.05$) และยังคงสอดคล้องกับการทดลองของ Jakobsen and Bertelsen. (2000) อย่างไรก็ตามค่าสีแดงลดลงต่ำกว่า 4 ในวันที่ 12 ไส้กรอกที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีออกซิเจนร้อยละ 20-60 ค่าสีแดงประมาณ 7 จนกระทั่งถึงวันที่ 8 แต่จะลดลงต่ำกว่า 4 ($P < 0.05$) ในวันที่ 12 อาจมีสาเหตุมาจากความเข้มข้นของออกซิเจน ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่มีออกซิเจนร้อยละ 0 และไม่มีตัวดูดซับออกซิเจนมีค่าสีแดงประมาณ 6 ในวันที่ 4 ($P < 0.05$) และสูงถึง 5 ตลอดการเก็บรักษา ส่วนไส้กรอกที่เก็บแบบสุญญากาศ มีค่าสีแดงสูงกว่า 7 ตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้ Jo *et al.* (1999) รายงานว่าไส้กรอกที่บรรจุแบบสุญญากาศ และแบบมีอากาศมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แต่ในบรรจุแบบสุญญากาศจะเพิ่มน้อยกว่าแบบมีอากาศ ส่วนค่าสีแดงของไส้กรอกที่บรรจุแบบมีอากาศลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามชนิดของบรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง ค่าความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ
Drying yield (%)	60.67 ± 0.25 [†]	60.67 ± 0.25
Moisture (% wet basis)		
สัปดาห์ที่ 0	16.75 ± 0.16	16.75 ± 0.16
สัปดาห์ที่ 2	17.59 ± 0.90	17.37 ± 0.79
สัปดาห์ที่ 4	17.19 ± 0.91	17.03 ± 0.18
สัปดาห์ที่ 6	17.54 ± 0.68	17.37 ± 0.05
สัปดาห์ที่ 8	17.70 ± 0.31	17.66 ± 0.39
Water activity (a _w)		
สัปดาห์ที่ 0	0.69 ± 0.03	0.69 ± 0.07
สัปดาห์ที่ 2	0.69 ± 0.07	0.70 ± 0.05
สัปดาห์ที่ 4	0.70 ± 0.05	0.70 ± 0.03
สัปดาห์ที่ 6	0.70 ± 0.05	0.70 ± 0.05
สัปดาห์ที่ 8	0.70 ± 0.05	0.71 ± 0.06

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าสี (colour) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

Parameter	ระยะเวลา การเก็บรักษา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ
Lightness (L*)	สัปดาห์ที่ 0	26.40 ± 0.65 ^{b,†,‡,§}	25.36 ± 0.37 ^b
	สัปดาห์ที่ 2	29.10 ± 2.26 ^a	28.64 ± 0.08 ^a
	สัปดาห์ที่ 4	30.38 ± 0.33 ^a	29.35 ± 0.68 ^a
	สัปดาห์ที่ 6	30.90 ± 0.57 ^a	29.40 ± 1.88 ^a
	สัปดาห์ที่ 8	31.34 ± 0.07 ^a	30.92 ± 0.78 ^a
Redness (a*)	สัปดาห์ที่ 0	10.04 ± 0.61 ^a	10.34 ± 0.87 ^a
	สัปดาห์ที่ 2	7.71 ± 0.50 ^{b,B}	9.67 ± 0.25 ^{a,A}
	สัปดาห์ที่ 4	6.51 ± 0.16 ^c	7.56 ± 1.40 ^b
	สัปดาห์ที่ 6	6.25 ± 0.10 ^c	7.18 ± 0.84 ^b
	สัปดาห์ที่ 8	5.89 ± 0.73 ^c	6.85 ± 0.55 ^b
Yellowness (b*)	สัปดาห์ที่ 0	8.54 ± 0.51 ^b	8.68 ± 0.04 ^c
	สัปดาห์ที่ 2	8.86 ± 0.52 ^b	9.35 ± 0.46 ^{bc}
	สัปดาห์ที่ 4	9.36 ± 0.54 ^b	10.01 ± 0.52 ^b
	สัปดาห์ที่ 6	9.92 ± 0.81 ^b	10.75 ± 1.10 ^b
	สัปดาห์ที่ 8	12.57 ± 1.07 ^b	12.64 ± 1.35 ^a

† คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

‡ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

§ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2.1.3 ค่าแรงเฉือน (shear force)

การวิเคราะห์ค่าแรงเฉือน (ดังแสดงในตารางที่ 4.13) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน พบว่าค่าแรงเฉือนของบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศและแบบมีอากาศมีค่าไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 19.43 N เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าแรงเฉือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (P>0.05) ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบ โดยค่าแรงเฉือนในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 19.43-20.78 N มีค่าสูงกว่าในบรรจุภัณฑ์แบบไม่มีอากาศซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 19.43-20.69 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา	ค่าแรงเฉือน (N)	
	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ
สัปดาห์ที่ 0	19.43 ± 1.05 [†]	19.43 ± 1.05
สัปดาห์ที่ 2	19.66 ± 0.87	19.52 ± 0.81
สัปดาห์ที่ 4	20.57 ± 0.76	19.87 ± 1.11
สัปดาห์ที่ 6	20.34 ± 0.62	20.13 ± 0.73
สัปดาห์ที่ 8	20.78 ± 0.80	20.69 ± 1.24

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

4.2.2 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพด้านเคมี

4.2.2.1 ค่าความชื้น (moisture content)

ผลการเปลี่ยนแปลงของความชื้นต่อบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันพบว่า ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าความชื้นไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศ ($P>0.05$) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งนานขึ้นนาน 8 สัปดาห์ พบว่าค่าความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) ในบรรจุภัณฑ์ทั้งในแบบบรรจุสุญญากาศ และแบบมีอากาศ โดยมีค่าความชื้นระหว่างร้อยละ 16.75-17.70 และ 16.75-17.66 ตามลำดับ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.11

4.2.2.2 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w)

การเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่อรูปแบบการบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.11) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งแบบสุญญากาศ และแบบมีอากาศมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเริ่มต้นเท่ากับ 0.69 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ พบว่าค่าวอเตอร์แอคทิวิตีไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบ โดยมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีอยู่ในช่วง 0.69-0.70

4.2.2.3 ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs)

จากตารางที่ 4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงการออกซิเดชันของไขมันของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งนานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์พบว่า ค่าการออกซิเดชันของไขมันของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเพิ่มสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 64.54 mg MDA/kg meat (บรรจุสุญญากาศ) และ 64.21 mg MDA/kg meat (บรรจุแบบมีอากาศ) Ahn *et al.* (1998) กล่าวว่าสิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำมาใช้เพื่อการพาณิชย์ได้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำคัญในการจัดขบวนการเกิดออกซิเดชันของไขมันคือ การกำจัดออกซิเจนออกไปซึ่งในเนื้อสุกจะเกิดการออกซิเดชันของไขมันมากกว่าเนื้อดิบ และปฏิกิริยาดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต แต่ขึ้นระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งชนิดของบรรจุภัณฑ์มีอิทธิพลต่อผลิตภัณฑ์อย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านการออกซิเดชันของไขมัน และค่าสีของไส้กรอกในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ Martinez *et al.* (2006) รายงานว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามไส้กรอกที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีก๊าซออกซิเจนสูงจะมีค่าการออกซิเดชันของไขมันสูง และยังคงคล้องกับงานวิจัยของ Formanek *et al.* (2001) ซึ่งทำในแพทตีเนื้อวัว

ตารางที่ 4.14 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs) (mg MDA/kg meat) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา	การออกซิเดชันของไขมัน	
	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ
สัปดาห์ที่ 0	15.35 ± 0.12 ^{a,A,f,§}	15.35 ± 0.12 ^{a,A}
สัปดาห์ที่ 2	23.83 ± 0.12 ^{b,A}	21.34 ± 0.66 ^{b,B}
สัปดาห์ที่ 4	36.31 ± 0.43 ^{c,B}	38.86 ± 0.42 ^{c,A}
สัปดาห์ที่ 6	47.21 ± 0.26 ^{d,A}	47.62 ± 0.09 ^{d,A}
สัปดาห์ที่ 8	64.54 ± 0.38 ^{e,A}	64.21 ± 0.64 ^{e,A}

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

[‡] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[§] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2.3 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์

จากตารางที่ 4.15 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อจุลินทรีย์รวม *S. aureus* และยีสต์รา พบว่าในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งแบบสุญญากาศและแบบมีอากาศมีค่าจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าระดับค่าที่สามารถตรวจนับได้ (<1 log cfu/g) และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ค่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และ *S. aureus* ต่ำกว่าระดับค่าที่สามารถตรวจนับได้ แต่ผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศตรวจพบยีสต์ราในสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 2.76 และ 3.15 log cfu/g ตามลำดับ

ส่วนของ Coliform และ *E. coli* ที่ทำการตรวจผลแบบ MPN ก็แสดงผลไม่แตกต่างจากผลจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ พบว่าในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งแบบสุญญากาศ และแบบมีอากาศมีค่าจำนวน Total Coliform, Fecal Coliform และ *E. coli* น้อยกว่า 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MPN/g ถึงแม้ว่าจะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งนานขึ้นเป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.15

โมเลกุลของออกซิเจนกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่เจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจน กลุ่มที่เจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน และเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่น และสี นอกจากนี้ยังทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ (De Kruijf *et al.* 2002) นอกจากนี้ Sheridan *et al.* (1997) กล่าวว่าเนื้อที่บรรจุแบบสุญญากาศพบการเจริญของจุลินทรีย์ได้ช้ากว่าเนื้อที่บรรจุแบบตัดแปลงบรรยากาศด้วยออกซิเจน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด *S. aureus* และยีสต์รา ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลา การเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)	
		บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ
Total plate count	สัปดาห์ที่ 0	<1*	<1
	สัปดาห์ที่ 2	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 4	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 6	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 8	<1	<1
<i>S. aureus</i>	สัปดาห์ที่ 0	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 2	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 4	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 6	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 8	<1	<1
Yeast/Mold	สัปดาห์ที่ 0	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 2	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 4	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 6	<1	2.76 ± 0.50 [†]
	สัปดาห์ที่ 8	<1	3.15 ± 0.06

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

* น้อยกว่า 1 log cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อ Coliform และ *E. coli* (MPN/g) ของผลิตภัณฑ์หมูหวาน ขึ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกัน

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลา การเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ (MPN/g)	
		บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ
Total Coliform	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 6	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 8	<3	<3
Fecal Coliform	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 6	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 8	<3	<3
<i>E. coli</i>	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 6	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 8	<3	<3

4.2.4 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ความชอบ) ของผู้บริโภค

ผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวาน ขึ้นรูปกึ่งแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกัน คือบรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ (ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.17) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ ได้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.56 เท่ากัน เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 0, 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศ มีค่าเท่ากับ 5.56, 5.17 และ 4.97 ตามลำดับ ($P>0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศมีค่าเท่ากับ 5.56, 4.72 และ 4.13 ตามลำดับ ($P>0.05$)

คุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกัน คือบรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ ได้

คะแนนความชอบในด้านสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.42 เท่ากัน และพบว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตรัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ และแบบมีอากาศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 2 (5.33 และ 4.79 ตามลำดับ) และสัปดาห์ที่ 4 (5.01 และ 4.64 ตามลำดับ) เมื่อเก็บรักษาผลิตรัณฑ์นาน 0, 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบของผลิตรัณฑ์ลดลงโดยผลิตรัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 5.42, 5.33 และ 5.01 ตามลำดับ ($P > 0.05$) ส่วนผลิตรัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศมีค่าเท่ากับ 5.42, 4.79 และ 4.64 ตามลำดับ โดยในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คุณลักษณะด้านกลิ่นรสของผลิตรัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน คือบรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ พบว่าผลิตรัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ ได้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.42 เท่ากัน เมื่อเก็บรักษาผลิตรัณฑ์นาน 0, 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบของผลิตรัณฑ์ลดลงโดยผลิตรัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 5.42, 5.04 และ 4.89 ตามลำดับ ($P > 0.05$) ส่วนผลิตรัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศมีค่าเท่ากับ 5.42, 4.76 และ 4.55 ตามลำดับ

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตรัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน คือบรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ พบว่าผลิตรัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ ได้คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.63 เท่ากัน เมื่อเก็บรักษาผลิตรัณฑ์นาน 0, 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบของผลิตรัณฑ์ลดลง ($P > 0.05$) โดยผลิตรัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 5.63, 5.44 และ 5.23 ตามลำดับ ส่วนผลิตรัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศมีค่าเท่ากับ 5.63, 5.08 และ 4.89 ตามลำดับ

คุณลักษณะด้านรสชาติของผลิตรัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน คือบรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ พบว่าผลิตรัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ ได้คะแนนความชอบในด้านรสชาติไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.83 เท่ากัน เมื่อเก็บรักษาผลิตรัณฑ์นาน 0, 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบของผลิตรัณฑ์ลดลง ($P > 0.05$) โดยผลิตรัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 5.83, 5.24 และ 5.05 ตามลำดับ ส่วนผลิตรัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศมีค่าเท่ากับ 5.83, 4.96 และ 4.87 ตามลำดับ

คุณลักษณะด้านความหวานของผลิตรัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน คือบรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ พบว่าผลิตรัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ ได้คะแนนความชอบในด้านความหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.13 เท่ากัน เมื่อเก็บรักษาผลิตรัณฑ์นาน 0, 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบของผลิตรัณฑ์ลดลง ($P > 0.05$) โดยผลิตรัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 5.13, 5.12 และ 5.03 ตามลำดับ ส่วนผลิตรัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศมีค่าเท่ากับ 5.13, 4.96 และ 4.76 ตามลำดับ

ส่วนคุณลักษณะคุณภาพโดยรวมของผลิตรัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน คือบรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ พบว่าผลิตรัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ ไม่ต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นสารที่ใส่ในบรรจุภัณฑ์ หรือบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีอากาศ ได้คะแนนความชอบในด้านคุณภาพโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.54 เท่ากัน เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 0, 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ลดลง ($P>0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 5.54, 5.32 และ 5.18 ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศมีค่าเท่ากับ 5.54, 5.08 และ 4.95 ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อการประเมินความชอบของผู้บริโภครวมของผลิตภัณฑ์หมวนขึ้นรูปกึ่งแข็งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ระยะเวลา การเก็บรักษา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ
ลักษณะปรากฏ	สัปดาห์ที่ 0	5.56 ± 0.65 ^{†,§}	5.56 ± 0.65 ^a
	สัปดาห์ที่ 2	5.17 ± 0.80 ^A	4.71 ± 0.61 ^{ab,B}
	สัปดาห์ที่ 4	4.97 ± 0.75	4.13 ± 0.58 ^b
สี	สัปดาห์ที่ 0	5.42 ± 0.72	5.42 ± 0.72 ^a
	สัปดาห์ที่ 2	5.33 ± 0.82 ^A	4.79 ± 0.66 ^{b,B}
	สัปดาห์ที่ 4	5.01 ± 0.68 ^A	4.64 ± 0.64 ^{b,B}
กลิ่นรส	สัปดาห์ที่ 0	5.42 ± 0.50	5.42 ± 0.50 ^a
	สัปดาห์ที่ 2	5.04 ± 0.84	4.76 ± 0.66 ^{ab}
	สัปดาห์ที่ 4	4.89 ± 0.61	4.55 ± 0.63 ^b
เนื้อสัมผัส	สัปดาห์ที่ 0	5.63 ± 0.84	5.63 ± 0.84
	สัปดาห์ที่ 2	5.44 ± 0.58	5.08 ± 0.86
	สัปดาห์ที่ 4	5.23 ± 0.93	4.89 ± 0.84
รสชาติ	สัปดาห์ที่ 0	5.83 ± 0.70	5.83 ± 0.70
	สัปดาห์ที่ 2	5.24 ± 0.97	4.96 ± 0.73
	สัปดาห์ที่ 4	5.05 ± 0.91	4.87 ± 0.88
ความหวาน	สัปดาห์ที่ 0	5.13 ± 0.68	5.13 ± 0.68
	สัปดาห์ที่ 2	5.12 ± 0.78	4.96 ± 0.45
	สัปดาห์ที่ 4	5.03 ± 0.84	4.76 ± 0.81
ลักษณะโดยรวม	สัปดาห์ที่ 0	5.54 ± 0.51	5.54 ± 0.51
	สัปดาห์ที่ 2	5.32 ± 0.56	5.08 ± 0.57
	สัปดาห์ที่ 4	5.18 ± 0.45	4.95 ± 0.65

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

[‡] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[§] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบ, 4 = เฉย ๆ, 5 = ชอบ, 6 = ชอบมาก, 7 = ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร

4.3.1 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร โดยวิธี agar well diffusion method (19 สายพันธุ์)

จากผลการวิเคราะห์ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหารโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้ง พบว่าสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ระดับความเข้มข้น 100, 50, 25 และ 12.5 mg/ml มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มก่อโรค และทำให้อาหารเน่าเสียได้ โดยที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/ml สามารถยับยั้งเชื้อ *P. fluorescens* JCM 5963^T > *S. Typhimurium* TISTR 292 > *A. hydrophila* TISTR 1321 > *S. aureus* TISTR 118 > *P. fluorescens* TISTR 358 > *B. subtilis* JCM 1465 > *E. coli* TISTR 780 > *B. coagulans* TISTR 1447 > *L. innocua* ATCC 33090^T ซึ่งมีขนาดโซนการยับยั้งเท่ากับ 32.56, 30.36, 30.09, 29.10, 28.90, 27.86, 27.33, 27.13 และ 25.83 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/ml สามารถยับยั้ง *P. fluorescens* JCM 5963^T > *S. Typhimurium* TISTR 292 > *A. hydrophila* TISTR 1321 > *S. aureus* TISTR 118 > *P. fluorescens* TISTR 358 > *B. subtilis* JCM 1465 > *E. coli* TISTR 780, *B. coagulans* TISTR 1447 มีขนาดโซนการยับยั้งเท่ากับ 24.66, 23.61, 23.00, 22.00, 21.66 และ 20.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้น 25 mg/ml สามารถยับยั้ง *P. fluorescens* JCM 5963^T > *P. fluorescens* TISTR 358 > *L. innocua* ATCC 33090^T > *S. Typhimurium* TISTR 292, *S. aureus* TISTR 118 > *B. subtilis* JCM 1465 > *B. coagulans* TISTR 1447 > *E. coli* TISTR 780 มีขนาดโซนการยับยั้งเท่ากับ 15.00, 14.33, 14.00, 13.33, 11.00 และ 10.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.18

จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jigna *et al.* (2005) ได้ทำการทดสอบผลการต้านจุลินทรีย์เบื้องต้นของมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สามารถนำไปเป็นยารักษาโรคได้จากอินเดีย พบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้ง *B. subtilis*, *S. aureus*, *S. faecalis*, *E. coli*, *P. aeruginosa* และ *S. Typhimurium* ซึ่งฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันอาจเนื่องจากความแตกต่างทางโครงสร้างผนังเซลล์ และความแข็งแรงของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ Singh and Sangwan. (2011) รายงานว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยเมทานอลสามารถยับยั้งเชื้อ *B. macerans*, *B. subtilis*, *S. aureus* และ *P. aeruginosa* ได้ การเข้าทำลายของสารสกัด พบว่าแบคทีเรียแกรมบวกจะถูกยับยั้งได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบเนื่องจากลักษณะทางโครงสร้างของ

แบคทีเรียแกรมบวกประกอบด้วยเพปติโดไกลแคน 60-100% ส่วนแบคทีเรียแกรมลบประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาติให้นำไปเผยแพร่บนงานวิชาการ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพปติโดไกลแคนเพียง 5-20% นอกนั้นเป็นสารประกอบไขมัน พอลิแซ็กคาไรด์ และ โปรตีนซึ่งเป็นส่วนที่อยู่นอกชั้นเพปติโดไกลแคน ทำให้การเข้าทำลายแบคทีเรียแกรมลบยากกว่า นอกจากนี้ Cisowska *et al.* (2010) ; Salar *et al.* (2010) กล่าวว่าแอนโทไซยานินเป็นสารที่ละลายน้ำสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด โดยสารสกัดจะหันข้างที่ไม่มีขี้ผึ้งเข้าจับกับแบคทีเรีย และเริ่มทำลายบริเวณผนังเซลล์ทำให้คุณสมบัติของผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ความสามารถในการให้สารต่าง ๆ แทรกซึมผ่านผนังเซลล์เปลี่ยนไปทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หยุดชะงัก และตายในที่สุด นอกจากนี้หากสารสกัดแทรกซึมเข้าสู่เซลล์จะส่งผลให้เยื่อเซลล์แตกเนื่องจากการทำลายไขมันที่อยู่บนเยื่อเซลล์ และยังทำให้ไซโตพลาสซึมตกตะกอนซึ่งอาจจะมีกรรวมกับไรโบโซม และส่งผลต่อการยับยั้งการสร้างโปรตีน หรืออาจจะมีกรรบกวนการใช้ L-alanine หรือกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับการเจริญของแบคทีเรีย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวพานำไปในการยับยั้งแบคทีเรียกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร โดยวิธี agar well

diffusion method	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณการเจริญของจุลินทรีย์ (มิลลิเมตร)				
	100 mg/ml	50 mg/ml	25 mg/ml	12.5 mg/ml	6.25 mg/ml
เชื้อทดสอบ					
Meat pathogenic bacteria					
<i>Salmonella</i> Typhimurium TISTR 292	30.36 ± 0.38	23.66 ± 0.58	14.00 ± 0.00	10.00 ± 0.00	NI
<i>Staphylococcus aureus</i> TISTR 118	29.10 ± 0.53	22.00 ± 0.73	14.00 ± 0.89	10.00 ± 0.53	NI
<i>Escherichia coli</i> TISTR 780	27.33 ± 0.28	20.33 ± 0.58	10.00 ± 1.00	11.00 ± 0.00	NI
<i>Listeria innocua</i> ATCC 33090 ^T	25.83 ± 0.70	19.33 ± 0.58	14.33 ± 0.58	NI	NI
<i>Aeromonas hydrophila</i> TISTR 1321	30.09 ± 0.73	23.00 ± 0.73	15.00 ± 1.00	10.33 ± 0.58	NI
Meat spoilage bacteria					
<i>Pseudomonas fluorescens</i> JCM 5963 ^T	32.56 ± 0.38	24.66 ± 0.58	15.00 ± 1.00	9.50 ± 0.71	NI
<i>Pseudomonas fluorescens</i> TISTR 358	28.90 ± 0.58	22.00 ± 0.78	14.33 ± 0.58	10.00 ± 0.00	NI
<i>Lactobacillus plantarum</i> 1149	15.56 ± 0.38	10.66 ± 0.58	NI	NI	NI
<i>Lactobacillus sakei</i> subsp. <i>sakei</i> JCM 1157 ^T	17.00 ± 0.34	12.00 ± 0.00	NI	NI	NI
<i>Lactobacillus sakei</i> TISTR 890	23.60 ± 0.50	17.00 ± 0.00	NI	NI	NI

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

เชื้อทดสอบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณการเจริญของจุลินทรีย์ (มิลลิเมตร)					
	100 mg/ml	50 mg/ml	25 mg/ml	12.5 mg/ml	6.25 mg/ml	
<i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 14947	18.00 ± 0.41	13.00 ± 0.41	NI	NI	NI	
<i>Lactococcus cremoris</i> TISTR 1344	11.00 ± 0.53	NI	NI	NI	NI	
<i>Lactococcus lactis</i> 19435	10.00 ± 1.00	NI	NI	NI	NI	
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> JCM 6124 [†]	11.50 ± 0.71	NI	NI	NI	NI	
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> TISTR 942	19.00 ± 0.00	14.00 ± 0.00	NI	NI	NI	
<i>Enterococcus faecalis</i> TISTR 888	10.00 ± 0.58	NI	NI	NI	NI	
<i>Streptococcus</i> sp. TISTR 1030	12.00 ± 1.00	NI	NI	NI	NI	
Other bacteria found in food						
<i>Bacillus coagulans</i> TISTR 1447	27.15 ± 0.38	20.33 ± 0.58	11.00 ± 0.73	12.00 ± 0.00	NI	
<i>Bacillus subtilis</i> JCM 1465	27.86 ± 0.53	21.66 ± 0.53	13.33 ± 0.89	12.50 ± 0.73	NI	

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

NI = No inhibition

ATCC = American Type Culture Collection, Rockville, Md

JCM = Japanese Culture of Microorganism, Wako, Japan

TISTR = Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand

4.3.2 ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบ โดยศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งแบคทีเรีย (Minimum inhibition concentration, MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรีย (Minimum bactericidal concentration, MBC)

จากการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ (MIC) *P. fluorescens* TISTR 358 และ *S. aureus* TISTR 118 คือ ที่ระดับความเข้มข้น 25 mg/ml ขณะที่ *S. Typhimurium* TISTR 292 และ *E. coli* TISTR 780 คือระดับความเข้มข้น 50 mg/ml ส่วนค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ 90 เปอร์เซ็นต์ (MIC₉₀) คือ *P. fluorescens* TISTR 358 ที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/ml ขณะที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (MBC) ได้แก่ *P. fluorescens* และ *E. coli* TISTR 780 คือที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/ml ส่วน *S. Typhimurium* TISTR 292 และ *S. aureus* TISTR 118 คือที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 25 mg/ml ตามลำดับ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.19

จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gupta *et al.* (2012) ได้รายงานผลการต้านจุลินทรีย์ของมะม่วงหาวมะนาวโห่ในอินเดียที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ พบว่าค่า MIC ของสารสกัดที่ทดสอบกับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่าง 4.1-6.9 mg/ml ในเชื้อ *L. monocytogenes* และ *S. aureus* ตามลำดับ นั่นหมายความว่าสารสกัดสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ผลที่แตกต่างนี้อาจเกี่ยวข้องกับโครงสร้างผนังเซลล์ที่แตกต่างกัน โดยผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบมีโครงสร้างที่ซับซ้อน และมีหลายชั้นคือ ชั้นนอกเป็นฟอสโฟลิปิด (phospholipids) โดยมีลิโปลิแซคคาไรด์ (lipolysaccharide) เป็นส่วนประกอบ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสารขนส่งสารเข้าออกภายในเซลล์ ผนังเซลล์ที่ซับซ้อนนี้จะเป็นตัวป้องกันหรือเป็นอุปสรรคต่อการขนส่งสารรวมถึงสารสังเคราะห์และยาปฏิชีวนะ ที่จะเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งนอกจากนี้ Siddiqi *et al.* (2011) ทำการศึกษากิจกรรมการยับยั้งจุลินทรีย์จากมะม่วงหาวมะนาวโห่พบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่สามารถยับยั้ง *B. subtilis*, *S. aureus* และ *S. epidermidis* ได้ ซึ่งมีค่า MIC เท่ากับ 125.00, 62.50 และ 62.50 ตามลำดับ ฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันอาจเกี่ยวข้องกับ ไอออนของอนุโมลิสระซึ่งมีความสามารถในการจับกับคาร์โบไฮเดรต และ โปรตีนบริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียซึ่งจะทำให้เป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของสารสกัด

ตารางที่ 4.19 ระดับความเข้มข้นของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการยับยั้งแบคทีเรีย (MIC) และการฆ่าแบคทีเรีย (MBC)

เชื้อทดสอบ	มะม่วงหาวมะนาวโห่		
	ความเข้มข้น mg/ml		
	MIC	MIC ₉₀	MBC
<i>Staphylococcus aureus</i> TISTR 118	25	25	25
<i>Pseudomonas fluorescens</i> TISTR 358	25	100	100
<i>Salmonella</i> Typhimurium TISTR 292	50	50	50
<i>Escherichia coli</i> TISTR 780	50	100	100

NI = No inhibition

TISTR = Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ศึกษาผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

4.4.1 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านกายภาพ

4.4.1.1 ค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (%drying yield)

การวิเคราะห์ค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้งของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง (ตารางที่ 4.20) โดยมีกลุ่มทดลองดังนี้คือ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1 กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 พบว่าค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้หลังอบแห้งทุกกลุ่มการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 60.29, 59.92, 59.06, 60.34 และ 58.79 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.20 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (%drying yield) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

กลุ่มการทดลอง	ร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง
Control	60.29 ± 1.78 [†]
BHT 0.02%	59.92 ± 1.31
Potassium sorbate 0.1%	59.06 ± 0.51
<i>C. carandas</i> 0.2%	59.47 ± 1.21
<i>C. carandas</i> 0.4%	60.34 ± 1.49
<i>C. carandas</i> 0.6%	58.79 ± 1.71

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

4.4.1.2 ค่าสี (colour)

การวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยมีกลุ่มการทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1 กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าสีทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าค่าความสว่าง (lightness, L^*) ของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 23.27, 23.78, 23.92, 22.64, 23.40 และ 24.23 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.2 มีค่าแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญในทางสถิติ ($P<0.05$) กับผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.6 กลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดที่ร้อยละ 0.6 มีค่าความสว่างที่สูงที่สุด คือ 24.23 และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานนาน

เอกสารสกัดที่ร้อยละ 0.6 มีค่าความสว่างที่สูงที่สุด คือ 24.23 และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานนาน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ใส่ BHT, กลุ่มที่ใส่ Potassium sorbate, กลุ่มที่ใส่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.4 และกลุ่มที่ใส่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.6 มีค่าความสว่างในสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ส่วนค่าสีแดง (redness, a^*) พบว่าผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าสีแดงเท่ากับ 8.22, 8.69, 8.94, 9.13, 9.38 และ 9.72 ตามลำดับ โดยกลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.6 มีค่าสีแดงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าสีแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

และค่าสีเหลือง (yellowness, b^*) พบว่าผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าสีเหลืองเท่ากับ 6.60, 6.77, 7.14, 7.27, 7.73 และ 8.38 ตามลำดับ โดยกลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.6 มีค่าสีเหลืองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติม BHT และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใส่ Potassium sorbate และกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2 มีค่าสีเหลืองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.21

จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ เขาวัดอักษร สุรพันธ์พิศิชฐ์ (2546) ทำการศึกษาการใช้สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง เปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวานเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในหมูแผ่น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.01 กลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงร้อยละ 0.05, 0.1, 0.2, และ 0.3 สำหรับเปลือกส้มก็ใช้กลุ่มการทดลองเช่นเดียวกันและระดับความเข้มข้นของสารสกัดก็เช่นเดียวกับสารสกัดกระเจี๊ยบแดง เก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 28 วัน พบว่าหมูแผ่นดิบและสุกที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ระดับร้อยละ 0.05-0.1 โดยน้ำหนัก มีค่า a^* ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติม BHT ร้อยละ 0.01 สำหรับหมูแผ่นที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ระดับร้อยละ 0.2-0.3 โดยน้ำหนัก ค่า a^* แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมและที่เติม BHT ร้อยละ 0.01 ($P<0.05$) จากผลการทดลองตรงนี้ขัดแย้งกับผลการทดลองที่เราได้ทำการศึกษา ส่วนค่า L^* และ b^* มีค่าการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยซึ่งไม่ได้รายงานค่าไว้ นอกจากนี้ Nunez de Gonzalez *et al.* (2008) รายงานว่าเนื้อวัวย่างที่ใส่น้ำลูกพลัมสดร้อยละ 2.5 และ 5 มีค่าสีแดงต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และ Rojas and Brewer (2007) การใช้สารสกัดเมล็ดองุ่นความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ในเนื้อวัวและเนื้อหมู พบว่าไม่มีความแตกต่างในค่าสีแดงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ใส่สารสกัดหลังจากเก็บรักษานาน 8 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าสี (colour) ของผลิตภัณฑ์หิวหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

Parameter	ระยะเวลาการเก็บรักษา	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	C. carandas 0.2%	C. carandas 0.4%	C. carandas 0.6%
Lightness (L*)	สัปดาห์ที่ 0	23.27 ± 0.70 ^{aB,t †,§}	23.78 ± 0.38 ^{a,A}	23.92 ± 0.99 ^{a,B}	22.64 ± 0.57 ^{aB}	23.40 ± 0.57 ^{a,AB}	24.23 ± 0.47 ^{a,A}
	สัปดาห์ที่ 2	22.06 ± 0.97 ^{a,A}	21.88 ± 0.66 ^{b,A}	21.84 ± 0.85 ^{b,A}	22.12 ± 0.76 ^{ab,A}	21.74 ± 0.69 ^{b,A}	22.08 ± 0.80 ^{b,A}
	สัปดาห์ที่ 4	20.07 ± 0.75 ^{ab,B}	20.33 ± 0.73 ^{cb}	21.67 ± 0.80 ^{b,A}	21.82 ± 0.24 ^{b,c,AB}	20.13 ± 0.50 ^{c,B}	22.14 ± 0.73 ^{b,A}
	สัปดาห์ที่ 6	20.16 ± 0.69 ^{cb,B}	20.00 ± 0.77 ^{cb}	22.30 ± 0.85 ^{b,A}	21.06 ± 0.78 ^{b,c,AB}	21.06 ± 0.81 ^{b,c,AB}	21.92 ± 0.68 ^{b,A}
	สัปดาห์ที่ 8	21.91 ± 0.46 ^{a,A}	20.23 ± 0.70 ^{cb}	22.31 ± 0.69 ^{b,A}	20.30 ± 0.30 ^{c,B}	21.46 ± 0.52 ^{b,A}	21.87 ± 0.86 ^{b,A}
Redness (a*)	สัปดาห์ที่ 0	8.22 ± 0.50 ^{bB}	8.69 ± 0.79 ^{b,c,AB}	8.94 ± 0.80 ^{aB}	9.13 ± 0.65 ^{aB}	9.38 ± 0.58 ^{aB}	9.72 ± 0.74 ^{ab,A}
	สัปดาห์ที่ 2	9.65 ± 0.83 ^{a,A}	9.53 ± 0.60 ^{a,A}	9.96 ± 0.95 ^{a,A}	9.37 ± 0.89 ^{a,A}	9.42 ± 0.56 ^{a,A}	10.22 ± 0.27 ^{ab,A}
	สัปดาห์ที่ 4	9.05 ± 0.62 ^{ab,B}	8.98 ± 0.41 ^{ab,B}	9.46 ± 0.83 ^{aB}	9.75 ± 0.51 ^{aB}	9.20 ± 0.58 ^B	10.61 ± 0.95 ^{a,A}
	สัปดาห์ที่ 6	8.93 ± 0.73 ^{ab,AB}	7.93 ± 0.57 ^{b,c,B}	8.98 ± 0.55 ^{a,A}	9.30 ± 0.79 ^{a,A}	9.21 ± 0.75 ^{a,A}	9.70 ± 0.51 ^{ab,A}
	สัปดาห์ที่ 8	9.04 ± 0.36 ^{ab,A}	7.73 ± 0.21 ^{cb}	8.98 ± 0.55 ^{a,A}	8.75 ± 0.90 ^{aB}	8.63 ± 0.67 ^{aB}	9.26 ± 0.59 ^{b,A}
Yellowness (b*)	สัปดาห์ที่ 0	6.60 ± 0.76 ^{ab,B}	6.77 ± 0.50 ^{b,B}	7.14 ± 0.36 ^{b,AB}	7.27 ± 0.48 ^{b,AB}	7.73 ± 0.79 ^{c,AB}	8.38 ± 0.92 ^{a,A}
	สัปดาห์ที่ 2	7.31 ± 0.30 ^{ab,B}	6.78 ± 0.58 ^{b,B}	8.18 ± 0.25 ^{ab,AB}	7.41 ± 0.39 ^{b,B}	7.92 ± 0.66 ^{b,c,AB}	8.78 ± 0.32 ^{b,c,A}
	สัปดาห์ที่ 4	8.10 ± 0.78 ^{cd}	7.82 ± 0.70 ^{ab,D}	8.74 ± 0.34 ^{BCD}	9.43 ± 0.62 ^{a,B}	9.17 ± 0.68 ^{ab,BC}	10.77 ± 0.73 ^{a,A}
	สัปดาห์ที่ 6	7.85 ± 0.72 ^{a,B}	7.96 ± 0.84 ^{ab,B}	8.41 ± 0.30 ^{ab,AB}	9.02 ± 0.88 ^{a,AB}	8.59 ± 0.91 ^{b,AB}	9.52 ± 0.69 ^{b,c,A}
	สัปดาห์ที่ 8	8.14 ± 0.06 ^{a,c}	8.30 ± 0.49 ^c	8.67 ± 0.46 ^{bc,BC}	8.83 ± 0.87 ^{a,ABC}	9.39 ± 0.22 ^{a,AB}	9.76 ± 0.75 ^{ab,A}

† คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

t ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

§ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.4.1.3 ค่าความสดใสของสี (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle)

การวิเคราะห์ค่าความสดใสของสี และค่าองศาของสี ของผลิตภัณฑ์หมูหวาน ขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1 กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการวัดค่าทุก ๆ 2 สัปดาห์ ค่าความสดใสของสีสามารถบอกได้ว่าถ้าค่าความสดใสของสีเข้าใกล้ 0 หมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีซีดจาง (เทา) และถ้าค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์หมูหวานแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าความสดใสเท่ากับ 10.55, 11.02, 11.45, 11.68, 12.16 และ 12.84 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.6 มีค่าความสดใสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติม BHT ($P < 0.05$) และเมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น พบว่าค่าความสดใสของสีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกลุ่มที่เติม BHT, กลุ่มที่เติม Potassium sorbate และกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.4 ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ($P > 0.05$) ส่วนค่าองศาของสี (hue angle) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง $0-360^{\circ}\text{C}$ โดยแต่ละช่วงองศาแสดงสีแตกต่างกัน (แสดงในภาคผนวก ค) จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานของแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าองศาของสีเท่ากับ 38.68, 37.92, 38.67, 38.56, 39.45 และ 40.70 ตามลำดับ ($P > 0.05$) โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.6 มีค่าองศาของสีสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานเป็นระยะเวลานานขึ้น พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.4 และ 0.6 มีค่าองศาของสีในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 0 และ 2 ($P < 0.05$) ผลการทดลองจึงแสดงในตารางที่ 4.22

Wongwiwat and Wattanachani (2014) ทำการศึกษาไก่หวานกึ่งแข็งที่มีความแตกต่างกันของชนิดน้ำตาล ได้แก่ ซูโครส ฟรุคโตส แลคโตส และ ซอพิทอล จากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 45°C และนำไปทอดที่ 120°C พบว่าไก่หวานกึ่งแข็งที่ใส่น้ำตาลฟรุคโตส และน้ำตาลแลคโตส มีค่าสีน้ำตาลเข้มกว่าไก่หวานกึ่งแข็งกลุ่มที่ใส่น้ำตาลซูโครส และซอพิทอล BeMiller and Whistler (1996) กล่าวว่าน้ำตาลฟรุคโตสเป็นน้ำตาล โมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) ที่อยู่ในกลุ่มของน้ำตาลคีโตส ส่วนน้ำตาลแลคโตส และน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาล ไดแซคคาไรด์ (disaccharides) แต่ซูโครสเป็นน้ำตาลประเภท non-reducing ที่ไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยามอลดาร์ด์ (maillard reaction) แต่มีบางงานวิจัยรายงานว่าซูโครสอาจจะเกิดการไฮโดรไลซ์ระหว่างการแช่เย็น และการเก็บรักษาไปเป็นกลูโคส และฟรุคโตส ทำให้เกิด non-enzymatic browning ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Chen *et al.* 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.4 ค่าแรงเฉือน (shear force)

การวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1 กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าแรงเฉือนทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 21.60, 19.17, 21.96, 19.37, 15.87 และ 15.80 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติม Potassium sorbate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.4 และ 0.6 มีค่าแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.2 ($P < 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานนานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ค่าแรงเฉือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.23



ตารางที่ 4.22 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle) ของผลิตภัณฑ์หุ้มหวาน ขึ้นรูปกึ่งแข็ง

Parameter	ค่าความสดใส และค่าองศาของสี					
	ระยะเวลา การเก็บรักษา	Control	BHF 0.02% Potassium sorbate 0.1%	C. carandas 0.2%	C. carandas 0.4%	C. carandas 0.6%
Chroma	สัปดาห์ที่ 0	10.55 ± 0.85 ^{b.B., ±st}	11.01 ± 0.92 ^B	11.45 ± 0.84 ^{AB}	11.68 ± 0.71 ^{b,AB}	12.84 ± 1.11 ^{b,A}
	สัปดาห์ที่ 2	12.11 ± 0.79 ^{a,AB}	11.69 ± 0.79 ^B	12.89 ± 0.79 ^{AB}	11.96 ± 0.86 ^{b,B}	13.47 ± 0.31 ^{ab,A}
	สัปดาห์ที่ 4	11.77 ± 0.68 ^{ab,C}	11.91 ± 0.77 ^C	12.88 ± 0.83 ^{BC}	13.57 ± 0.37 ^{a,B}	15.12 ± 1.16 ^{a,A}
	สัปดาห์ที่ 6	11.89 ± 1.03 ^{ab,AB}	11.25 ± 0.96 ^B	12.48 ± 0.64 ^{AB}	13.13 ± 0.91 ^{ab,A}	13.59 ± 0.85 ^{ab,A}
	สัปดาห์ที่ 8	12.17 ± 0.24 ^{a,AB}	11.51 ± 0.89 ^A	12.49 ± 0.67 ^{AB}	12.44 ± 0.93 ^{ab,AB}	13.46 ± 0.83 ^{ab,A}
Hue angle	สัปดาห์ที่ 0	38.68 ± 1.75 ^{bc}	37.92 ± 0.89 ^c	38.67 ± 1.12 ^d	38.56 ± 1.84 ^b	40.70 ± 1.73 ^b
	สัปดาห์ที่ 2	37.20 ± 1.98 ^{c,AB}	35.41 ± 1.20 ^{ab}	39.49 ± 2.63 ^{bc,A}	38.41 ± 2.23 ^{b,AB}	40.67 ± 1.16 ^{b,A}
	สัปดาห์ที่ 4	42.53 ± 2.04 ^{a,B}	41.00 ± 1.20 ^{b,B}	42.79 ± 1.47 ^{a,AB}	44.04 ± 3.04 ^{a,AB}	45.46 ± 1.20 ^{b,A}
	สัปดาห์ที่ 6	41.31 ± 0.38 ^{ab,B}	45.04 ± 1.71 ^{a,c,A}	42.45 ± 1.64 ^{ab,AB}	43.35 ± 1.70 ^{ab,AB}	44.44 ± 0.60 ^{a,A}
	สัปดาห์ที่ 8	42.03 ± 1.31 ^{ab}	45.81 ± 1.60 ^{a,AB}	43.99 ± 1.16 ^{ab,AB}	45.26 ± 3.92 ^{a,AB}	46.49 ± 2.03 ^{a,A}

t คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

+ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ร ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.23 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของผลิตภัณฑ์หิวหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

ระยะเวลาเก็บรักษา	ค่าแรงเฉือน (N)					
	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	<i>C. carandas</i> 0.2 %	<i>C. carandas</i> 0.4 %	<i>C. carandas</i> 0.6 %
สัปดาห์ที่ 0	21.60 ± 1.15 ^{a,b,a,t,t,s}	19.17 ± 0.85 ^{b,B}	21.96 ± 1.12 ^{c,A}	19.37 ± 1.95 ^{b,B}	15.87 ± 1.28 ^{d,C}	15.80 ± 0.75 ^{c,C}
สัปดาห์ที่ 2	21.79 ± 0.58 ^{b,B}	21.74 ± 1.79 ^{b,B}	25.01 ± 1.00 ^{b,A}	22.38 ± 0.99 ^{a,B}	20.39 ± 1.91 ^{c,B}	21.82 ± 1.19 ^{b,B}
สัปดาห์ที่ 4	26.60 ± 0.30 ^{a,A}	25.54 ± 1.23 ^{a,A}	27.88 ± 0.34 ^{a,A}	22.20 ± 0.52 ^{a,A}	24.73 ± 0.66 ^{a,A}	21.50 ± 1.79 ^{b,A}
สัปดาห์ที่ 6	26.38 ± 0.99 ^{a,B}	26.73 ± 1.75 ^{a,B}	28.53 ± 0.94 ^{a,B}	24.44 ± 0.43 ^{a,C}	22.80 ± 0.42 ^{b,C}	24.25 ± 0.90 ^{a,C}
สัปดาห์ที่ 8	25.27 ± 0.80 ^{a,BC}	26.34 ± 1.63 ^{a,B}	28.53 ± 0.96 ^{a,A}	23.29 ± 1.76 ^{a,CD}	22.54 ± 0.71 ^{b,D}	21.85 ± 0.95 ^{a,b,D}

^t คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 ฐานการผลิต

^t ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^s ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.4.1.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis)

การวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1 กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าความแข็ง (Hardness) เท่ากับ 8.96, 8.47, 10.82, 11.45, 10.42 และ 9.53 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.4 และ 0.6 มีค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มการทดลองอื่น ($P < 0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ทุกกลุ่มการทดลองเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$)

ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันเท่ากับ 0.63, 0.65, 0.63, 0.59, 0.55 และ 0.53 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ใส่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันต่ำกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใส่ BHT และกลุ่มที่ใส่ Potassium sorbate ($P > 0.05$) และกลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.6 มีค่าต่ำที่สุด ($P < 0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นพบว่าค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันของผลิตภัณฑ์ทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ค่าความเหนียว (gumminess) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง พบว่าค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าแตกต่างกันเท่ากับ 5.66, 5.68, 6.82, 6.89, 5.74 และ 5.10 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ใส่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าความเหนียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใส่ BHT และ กลุ่มที่ใส่สารสกัดร้อยละ 0.4 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ทุกกลุ่มการทดลองเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$)

ส่วนค่าความยืดหยุ่น (springiness) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง พบว่าค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.82, 0.83, 0.82, 0.79, 0.79 และ 0.78 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ใส่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P > 0.05$)

และสุดท้ายค่าการเคี้ยวได้ (chewiness) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง พบว่าค่าการเคี้ยวได้ของผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 5.55, 5.71, 6.80, 6.51, 5.73 และ 5.08 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใส่ BHT และ กลุ่มที่ใส่สารสกัด 0.4 มีค่าการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดี่ยวได้ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นทำให้ค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.24



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis) ของผลิตภัณฑ์หวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

Parameter	ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	C. carandas 0.2%	C. carandas 0.4%	C. carandas 0.6%
Hardness (N)	สัปดาห์ที่ 0	8.96 ± 0.04 ^{ab,1,4,5,6}	8.47 ± 0.15 ^{de}	10.82 ± 0.25 ^{ab}	11.45 ± 0.26 ^{a,A}	10.42 ± 0.10 ^{u,C}	9.53 ± 0.08 ^{c,C}
	สัปดาห์ที่ 2	20.12 ± 0.77 ^{ba}	13.98 ± 0.51 ^{bd}	13.94 ± 1.37 ^{cd}	18.11 ± 1.29 ^{ABC}	17.27 ± 0.95 ^{b,C}	19.75 ± 1.18 ^{a,AB}
	สัปดาห์ที่ 4	13.45 ± 1.79 ^{c,BC}	12.60 ± 1.06 ^{c,C}	16.12 ± 1.16 ^{ba}	14.63 ± 1.58 ^{c,ABC}	14.64 ± 0.89 ^{c,ABC}	15.51 ± 0.97 ^{b,AB}
	สัปดาห์ที่ 6	18.34 ± 0.95 ^{b,AB}	14.89 ± 1.92 ^{b,CD}	16.86 ± 0.47 ^{b,BC}	14.00 ± 1.09 ^{cd}	19.94 ± 1.17 ^{a,A}	17.86 ± 1.35 ^{a,AB}
	สัปดาห์ที่ 8	23.47 ± 1.10 ^{a,A}	18.47 ± 0.39 ^{a,C}	18.60 ± 1.45 ^{a,C}	21.36 ± 1.36 ^{a,AB}	17.95 ± 1.93 ^{ab,C}	19.99 ± 1.78 ^{a,BC}
Cohesiveness (ratio)	สัปดาห์ที่ 0	0.63 ± 0.01 ^B	0.65 ± 0.01 ^A	0.63 ± 0.00 ^B	0.59 ± 0.00 ^C	0.55 ± 0.00 ^D	0.53 ± 0.00 ^E
	สัปดาห์ที่ 2	0.66 ± 0.02 ^{AB}	0.67 ± 0.02 ^A	0.64 ± 0.05 ^{AB}	0.65 ± 0.06 ^{AB}	0.60 ± 0.06 ^{AB}	0.56 ± 0.09 ^B
	สัปดาห์ที่ 4	0.67 ± 0.01 ^{AB}	0.66 ± 0.02 ^{AB}	0.69 ± 0.03 ^A	0.66 ± 0.03 ^{AB}	0.62 ± 0.05 ^{BC}	0.59 ± 0.03 ^C
	สัปดาห์ที่ 6	0.66 ± 0.06 ^A	0.69 ± 0.03 ^A	0.66 ± 0.06 ^A	0.65 ± 0.07 ^A	0.62 ± 0.08 ^A	0.60 ± 0.08 ^A
	สัปดาห์ที่ 8	0.64 ± 0.02 ^{AB}	0.68 ± 0.08 ^A	0.66 ± 0.01 ^{AB}	0.62 ± 0.04 ^{AB}	0.61 ± 0.05 ^{AB}	0.57 ± 0.08 ^B
Gumminess (N)	สัปดาห์ที่ 0	5.66 ± 0.10 ^{b,B}	5.68 ± 0.19 ^{dB}	6.82 ± 0.26 ^{d,A}	6.89 ± 0.13 ^{c,A}	5.74 ± 0.07 ^{b,B}	5.10 ± 0.02 ^{b,C}
	สัปดาห์ที่ 2	11.34 ± 0.50 ^{ba}	9.40 ± 0.37 ^{ba}	9.78 ± 1.17 ^{c,A}	10.43 ± 1.45 ^{ab,A}	9.59 ± 1.02 ^{ba,A}	9.51 ± 1.13 ^{a,A}
	สัปดาห์ที่ 4	11.11 ± 1.09 ^{b,A}	8.41 ± 0.58 ^{b,B}	10.20 ± 1.13 ^{b,AB}	9.55 ± 0.93 ^{b,AB}	9.12 ± 0.68 ^{b,B}	9.55 ± 1.45 ^{a,AB}
	สัปดาห์ที่ 6	10.74 ± 1.42 ^{b,AB}	10.94 ± 0.59 ^{b,AB}	11.76 ± 0.84 ^{ba}	11.67 ± 1.83 ^{ab,AB}	9.37 ± 1.22 ^{ab,AB}	9.21 ± 1.36 ^{b,B}
	สัปดาห์ที่ 8	13.59 ± 1.53 ^{a,A}	11.18 ± 1.13 ^{a,AB}	12.19 ± 1.15 ^{a,AB}	12.52 ± 0.73 ^{a,AB}	11.02 ± 1.71 ^{a,B}	10.90 ± 1.30 ^{a,B}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 (ต่อ)

Parameter	ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม						
	ระยะเวลา การเก็บรักษา	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	C. carandas 0.2%	C. carandas 0.4%	C. carandas 0.6%
Springiness (ratio)	สัปดาห์ที่ 0	0.82 ± 0.01 ^{ab,A}	0.83 ± 0.01 ^{d,A}	0.82 ± 0.02 ^A	0.79 ± 0.00 ^{b,B}	0.79 ± 0.01 ^{b,B}	0.78 ± 0.00 ^B
	สัปดาห์ที่ 2	0.86 ± 0.00 ^{a,A}	0.87 ± 0.01 ^{a,A}	0.85 ± 0.05 ^A	0.86 ± 0.03 ^{a,A}	0.83 ± 0.03 ^{ab,A}	0.80 ± 0.06 ^A
	สัปดาห์ที่ 4	0.85 ± 0.01 ^{ab,A}	0.85 ± 0.01 ^{ab,A}	0.84 ± 0.01 ^A	0.85 ± 0.02 ^{a,A}	0.84 ± 0.02 ^{a,A}	0.81 ± 0.02 ^B
	สัปดาห์ที่ 6	0.84 ± 0.01 ^{a,A}	0.84 ± 0.01 ^{bc,A}	0.85 ± 0.02 ^A	0.84 ± 0.02 ^{a,A}	0.84 ± 0.02 ^{a,A}	0.82 ± 0.03 ^A
	สัปดาห์ที่ 8	0.85 ± 0.01 ^{a,A}	0.84 ± 0.01 ^{bc,A}	0.84 ± 0.01 ^A	0.82 ± 0.02 ^{ab,A}	0.81 ± 0.03 ^{ab,A}	0.80 ± 0.06 ^A
Chewiness (N)	สัปดาห์ที่ 0	5.55 ± 0.05 ^{a,C}	5.71 ± 0.20 ^{c,C}	6.80 ± 0.27 ^{b,A}	6.51 ± 0.09 ^{c,B}	5.73 ± 0.06 ^{b,C}	5.08 ± 0.02 ^{b,D}
	สัปดาห์ที่ 2	11.50 ± 0.30 ^{b,AB}	9.40 ± 0.36 ^{ab,B}	11.87 ± 1.48 ^{a,A}	10.33 ± 1.63 ^{ab,AB}	9.61 ± 1.06 ^{a,B}	9.50 ± 1.13 ^{a,B}
	สัปดาห์ที่ 4	11.39 ± 1.10 ^{ab,A}	9.03 ± 1.64 ^{1,b,B}	10.21 ± 1.14 ^{a,AB}	9.56 ± 0.92 ^{b,AB}	9.13 ± 0.69 ^{a,B}	9.15 ± 1.05 ^{a,B}
	สัปดาห์ที่ 6	10.52 ± 1.23 ^{b,AB}	11.01 ± 0.60 ^{a,AB}	11.81 ± 0.80 ^{a,A}	11.60 ± 1.78 ^{ab,AB}	9.71 ± 1.40 ^{a,AB}	9.20 ± 1.35 ^{a,B}
	สัปดาห์ที่ 8	13.40 ± 1.84 ^{a,A}	11.19 ± 1.14 ^{a,A}	12.18 ± 1.15 ^{a,A}	12.51 ± 0.73 ^{a,A}	11.01 ± 1.72 ^{a,A}	11.27 ± 1.50 ^{a,A}

† คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต
 ‡ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
 § ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.4.2 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านเคมี

4.4.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การวิเคราะห์ค่า pH ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งโดยมีกลุ่มทดลอง ดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1 กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่า pH ทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานทุกกลุ่มการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.13, 6.20, 6.24, 6.05, 5.88 และ 5.73 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.4 และ 0.6 มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติม BHT และ กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ($P < 0.05$) และกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.6 มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดคือ 5.73 แต่เมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ากรด-ด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P > 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.25

4.4.2.2 ค่าความชื้น (moisture content)

การวิเคราะห์ค่าความชื้น (Moisture content) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งโดยมีกลุ่มทดลอง ดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1 กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าความชื้นทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าความชื้น เท่ากับ 11.42, 10.46, 11.70, 12.78, 13.66 และ 13.80 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าความชื้นต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 8 สัปดาห์พบค่าความชื้นทุกกลุ่มการทดลองค่าความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P > 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.26

4.4.2.3 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity, a_w)

การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง โดยมีกลุ่มทดลอง ดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1 กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีน้อยกว่า 0.85 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.66-0.69 ($P > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตีทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P > 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์หวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

ระยะเวลา การเก็บรักษา	ค่าความเป็นกรด-ด่าง				
	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	C. carandas 0.2 %	C. carandas 0.4 % C. carandas 0.6 %
สัปดาห์ที่ 0	6.13 ± 0.11 ^{A,t,§}	6.20 ± 0.12 ^A	6.24 ± 0.12 ^A	6.05 ± 0.13 ^{AB}	5.88 ± 0.07 ^{BC} 5.73 ± 0.08 ^C
สัปดาห์ที่ 2	6.16 ± 0.08 ^{AB}	6.23 ± 0.14 ^{AB}	6.26 ± 0.13 ^A	6.11 ± 0.18 ^{AB}	5.96 ± 0.19 ^{BC} 5.76 ± 0.13 ^C
สัปดาห์ที่ 4	6.16 ± 0.08 ^{AB}	6.20 ± 0.14 ^A	6.17 ± 0.13 ^{AB}	6.04 ± 0.15 ^{ABC}	5.92 ± 0.13 ^{BC} 5.80 ± 0.14 ^C
สัปดาห์ที่ 6	6.17 ± 0.11 ^{AB}	6.18 ± 0.14 ^A	6.19 ± 0.15 ^A	6.06 ± 0.15 ^{AB}	5.90 ± 0.14 ^{BC} 5.77 ± 0.16 ^C
สัปดาห์ที่ 8	6.27 ± 0.20 ^A	6.23 ± 0.14 ^A	6.28 ± 0.10 ^A	6.17 ± 0.16 ^A	6.05 ± 0.16 ^{AB} 5.84 ± 0.15 ^B

^t คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

[§] คืออักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.26 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความชื้น (moisture content) ของผลิตภัณฑ์หุหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

ระยะเวลา การเก็บรักษา	ความชื้น				
	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	C. carandas 0.2%	C. carandas 0.6%
สัปดาห์ที่ 0	14.42 ± 0.51 [†]	10.46 ± 0.97	11.70 ± 0.78	12.78 ± 0.60	13.80 ± 0.90
สัปดาห์ที่ 2	14.31 ± 0.91	14.73 ± 0.22	12.62 ± 0.96	13.52 ± 0.82	14.39 ± 0.79
สัปดาห์ที่ 4	13.81 ± 0.43	14.39 ± 0.91	12.19 ± 0.61	13.59 ± 0.91	13.96 ± 0.87
สัปดาห์ที่ 6	13.69 ± 0.69	13.40 ± 0.95	12.39 ± 0.50	12.81 ± 0.67	14.23 ± 0.91
สัปดาห์ที่ 8	13.52 ± 0.68	13.45 ± 0.92	12.18 ± 0.70	13.37 ± 0.75	13.71 ± 0.85

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

ตารางที่ 4.27 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของผลิตภัณฑ์หุหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

ระยะเวลา		ค่าวอเตอร์แอกติวิตี				
การเก็บรักษา	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	C. carandas 0.2 %	C. carandas 0.4 %	C. carandas 0.6 %
สัปดาห์ที่ 0	0.67 ± 0.01 ^{†‡}	0.66 ± 0.03 ^b	0.67 ± 0.01	0.66 ± 0.01	0.67 ± 0.01	0.66 ± 0.02
สัปดาห์ที่ 2	0.68 ± 0.02	0.67 ± 0.02 ^a	0.68 ± 0.01	0.67 ± 0.01	0.67 ± 0.03	0.67 ± 0.01
สัปดาห์ที่ 4	0.68 ± 0.01	0.68 ± 0.01 ^a	0.67 ± 0.02	0.68 ± 0.02	0.68 ± 0.01	0.68 ± 0.01
สัปดาห์ที่ 6	0.68 ± 0.01	0.69 ± 0.03 ^a	0.69 ± 0.01	0.69 ± 0.02	0.69 ± 0.05	0.68 ± 0.01
สัปดาห์ที่ 8	0.69 ± 0.01	0.70 ± 0.04 ^a	0.69 ± 0.00	0.69 ± 0.01	0.69 ± 0.04	0.69 ± 0.04

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 ฐานการผลิต

[‡] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.4.2.4 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าการกำจัดอนุมูลอิสระด้วย DPPH

การวิเคราะห์ค่าการกำจัดอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง โดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1 กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.6 โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าการกำจัดอนุมูลอิสระทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าการกำจัดอนุมูลอิสระเท่ากับ 55.84, 48.37 และ 57.03 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.6 มีค่าการกำจัดอนุมูลอิสระสูงที่สุด คือ 57.03 รองลงมาคือ กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2 และ 0.4 และเมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานทุกกลุ่มการทดลองมีค่าการกำจัดอนุมูลอิสระลดลงตามการเก็บรักษา ($P < 0.05$) แต่กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ยังมีค่าการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติม BHT และ กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ($P < 0.05$) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.28

สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่นำมาทำการศึกษานี้มีค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเท่ากับ 422.73 ppm นอกจากนี้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1756.23 มิลลิกรัมแกลติกต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม Youwei *et al.* (2007) ที่ได้ทำการศึกษาศาสตร์ด้านอนุมูลอิสระในดอกไม้ของประเทศจีน พบว่าดอกไม้ในกลุ่มสีแดง-ส้ม มีสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลสูงกว่ากลุ่มสีอื่นๆ จากงานวิจัยของ Nanjo *et al.* (1996) พบว่าฟลาโวนอยด์เป็นสารที่ให้ฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด โดยจะไปยับยั้งปฏิกิริยาถูกไซซ์ของอนุมูลอิสระ ดังนั้นเนื่องจากดอกไม้ในกลุ่มสีแดงมีรงควัตถุในกลุ่มฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน และเบต้าแคโรทีน เป็นองค์ประกอบจึงทำให้ดอกไม้ในกลุ่มสีแดงมีคุณค่าทางอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากลุ่มสีขาว และชุดิกายจน์ ศักดิ์สิงห์ (2551) ศึกษาความสามารถด้านอนุมูลอิสระ และหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผักพื้นบ้านจำนวน 23 ชนิด โดยสกัดสารจากตัวอย่างผักด้วยเมทานอล และศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระใช้วิธี DPPH พบว่าผักเม็กมีความสามารถด้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และใบยอมีความสามารถด้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด กลไกในการต้านอนุมูล DPPH เกิดจากการให้หรือรับอิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ DPPH ของสารจำพวกฟีนอล ซึ่งจะได้เป็นสาร DPPH ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระอีกต่อไป ส่วน phenoxy radical ที่เกิดขึ้นจะจับกันเอง ทำให้เกิดปฏิกิริยาถูกไซซ์ของการเกิดอนุมูลอิสระหยุดลง (ระวีวรรณ แก้วอมตวงศ์ และ ทรงพร จึงมันคง. 2549) Tsai *et al.* 2002 ได้ทำการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปแบบเกลติกของสารสกัดกระเจียบแดงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าสารสกัด

เอกลสารนี้เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 4 และ 15 สัปดาห์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอล รค่า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อาจมีสาเหตุเนื่องจากสารประกอบฟีนอลสามารถสร้างพันธะกับสารประกอบฟีนอลด้วยกันได้ กลายเป็นสารประกอบฟีนอลเชิงซ้อน และหากสารประกอบฟีนอลเชื่อมกับน้ำตาลโดยกลไก esterification จะได้เป็นสารประกอบฟีนอลเชิงซ้อนเช่นกัน (สุเมธธา วัฒนสินธุ์. 2550) ผลการทดลองดังกล่าวยังสอดคล้องกับ กัลยภัทร แก้วมีแสง และคณะ (2556) ได้ศึกษาการใช้ผงมะนาวโห่เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยืดอายุการเก็บรักษาในหมูหวาน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (หมูหวานไม่เติมผงมะนาวโห่) และกลุ่มหมูหวานที่เติมผงมะนาวโห่ 10 กรัม/กิโลกรัม จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0 และ 1 สัปดาห์ พบว่าที่ระยะเวลา 0 สัปดาห์ กลุ่มที่เติมผงมะนาวโห่มีค่า DPPH คือ 54.24 และ กลุ่มควบคุมมีค่า DPPH คือ 54.76 เมื่อเก็บรักษาหมูหวานาน 1 สัปดาห์ พบว่าค่า DPPH ลดลงทั้ง 2 กลุ่ม แต่กลุ่มที่เติมผงมะนาวโห่มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wetwitapaklung *et al.* (2012) กล่าวว่า ในผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีทั้งสารประกอบฟีนอล และสาร flavonoid ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาของ วชิราภรณ์ ผิวล่อง และคณะ (2556) ทำการศึกษาระยะการสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่าผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในระยะสุกมีปริมาณ total phenolics, total anthocyanins และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด และนอกจากนี้ Hirunpanich *et al.* (2006) รายงานว่า กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และแอนโทไซยานินเท่านั้น แต่ยังมีสาระสำคัญอื่นอีก เช่น กรดแอสคอร์บิก และเคอซีติน ซึ่ง Francis (1985) กล่าวว่า กรดแอสคอร์บิกจะมีผลในการเร่งอัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานินให้เกิดเร็วขึ้น และทำให้แอนโทไซยานินมีสีจางลงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาcondensation ของแอนโทไซยานินกับสารประกอบเหล่านี้ โดยจะเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวอย่างช้า ๆ และเป็นไปอย่างต่อเนื่องระหว่างกระบวนการผลิตความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าการกำจัดอนุมูลอิสระด้วย DPPH ของผลิตภัณฑ์หุหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

ระยะเวลา	ค่าการกำจัดอนุมูลอิสระ					
	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	C. carandas 0.2 %	C. carandas 0.4 %	C. carandas 0.6 %
สัปดาห์ที่ 0	38.06 ± 0.53 ^{a,d,t,t,s}	48.06 ± 0.89 ^{a,c}	51.58 ± 0.56 ^{a,b}	55.84 ± 0.59 ^{a,a}	48.37 ± 0.94 ^{a,c}	57.03 ± 0.91 ^{a,a}
สัปดาห์ที่ 2	31.72 ± 0.77 ^{c,d}	46.17 ± 0.70 ^{b,b}	43.96 ± 0.72 ^{b,c}	46.07 ± 0.60 ^{c,b}	48.46 ± 0.94 ^{a,a}	46.18 ± 0.71 ^{c,b}
สัปดาห์ที่ 4	33.31 ± 0.68 ^{b,e}	45.65 ± 0.59 ^{b,b}	38.30 ± 0.86 ^{e,d}	48.88 ± 0.73 ^{b,a}	43.27 ± 0.77 ^{b,c}	48.93 ± 0.52 ^{b,a}
สัปดาห์ที่ 6	29.38 ± 0.37 ^{d,f}	35.00 ± 0.30 ^{c,p}	33.98 ± 0.48 ^{d,e}	37.14 ± 0.59 ^{b,b}	35.84 ± 0.34 ^{c,c}	42.63 ± 0.54 ^{d,a}
สัปดาห์ที่ 8	26.94 ± 0.76 ^{c,d}	32.44 ± 0.28 ^{d,c}	27.47 ± 0.50 ^{e,d}	36.08 ± 0.48 ^{d,b}	36.73 ± 0.70 ^{c,b}	42.57 ± 0.51 ^{d,a}

t คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

+ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

s ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.4.3 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์

การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์รวมในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานก่อนทำการอบแล้วอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ 1) กลุ่มควบคุม 2) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02, 3) กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1, 4) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 แล้วเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์รวม 5.24, 5.33, 5.32, 5.22, 5.29 และ 5.28 log cfu/g และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.29

การวิเคราะห์หา *S. aureus* (ตารางที่ 4.29) ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานก่อนทำการอบแล้วอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ 1) กลุ่มควบคุม 2) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02, 3) กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1, 4) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 แล้วเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* ในส่วนผสมของกลุ่มการทดลองจำนวน 1.75, 1.56, 1.38, 1.46, 1.65 และ 1.54 log cfu/g ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวน *S. aureus* ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g)

การวิเคราะห์หา *ยีสต์รา* ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานก่อนทำการอบแล้วอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ 1) กลุ่มควบคุม 2) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02, 3) กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1, 4) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 แล้วเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์พบการปนเปื้อนเชื้อ *ยีสต์และรา* จำนวน 4.16, 4.23, 4.15, 4.13, 4.16 และ 4.13 log cfu/g ตามลำดับ ภายหลังการอบแล้วอย่างเก็บรักษานานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวน *ยีสต์รา* ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (≤ 1 log cfu/g) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.29

การวิเคราะห์หา Coliform และ *E. coli* ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานก่อนทำการอบแล้วอย่างพบการปนเปื้อน Coliform และ Fecal Coliform จำนวน 210, 240, 240, 150, 240 และ 150 MPN/g ตามลำดับ แต่ตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* ใดๆก็ตามภายหลังการอบแล้วอย่างและทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทุกกลุ่มการทดลองตรวจไม่พบ Coliform และ *E. coli* ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.29 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวพานำไปต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

ชื่อที่ศึกษา	ระยะเวลา	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)					
		Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	C. carandas 0.2 %	C. carandas 0.4 %	C. carandas 0.6 %
Total plate count	ก่อนอบแห้ง	5.24 ± 0.12 [†]	5.33 ± 0.09	5.32 ± 0.18	5.22 ± 0.17	5.29 ± 0.12	5.28 ± 0.11
	สัปดาห์ที่ 0	<1*	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 4	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 6	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 8	<1	<1	<1	<1	<1	<1
S aureus	ก่อนอบแห้ง	1.75 ± 0.16	1.56 ± 0.35	1.38 ± 0.20	1.46 ± 0.23	1.65 ± 0.24	1.54 ± 0.32
	สัปดาห์ที่ 0	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 4	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 6	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 8	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Yeast/Mold	ก่อนอบแห้ง	4.16 ± 0.40	4.23 ± 0.49	4.15 ± 0.36	4.13 ± 0.42	4.16 ± 0.32	4.13 ± 0.40
	สัปดาห์ที่ 0	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 4	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 6	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	สัปดาห์ที่ 8	<1	<1	<1	<1	<1	<1

* น้อยกว่า 1 log cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้) † คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

ตารางที่ 4.30 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะม่วงหาวต่อจำนวน Coliform และ *E. coli* (MPN/g) ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

ชื่อที่ศึกษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ (MPN/g)				
		Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	<i>C. carandas</i> 0.2%	<i>C. carandas</i> 0.4%
Total Coliform	ก่อนการอบแห้ง	150	240	240	150	240
	สัปดาห์ที่ 0	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 2	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 4	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 6	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 8	▽	▽	▽	▽	▽
Fecal Coliform	ก่อนการอบแห้ง	150	240	240	150	240
	สัปดาห์ที่ 0	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 2	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 4	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 6	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 8	▽	▽	▽	▽	▽
<i>E. coli</i>	ก่อนการอบแห้ง	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 0	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 2	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 4	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 6	▽	▽	▽	▽	▽
	สัปดาห์ที่ 8	▽	▽	▽	▽	▽

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ความชอบ) ของผู้บริโภค

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง หลังผ่านการอบแล้วอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ 1) กลุ่มควบคุม 2) กลุ่มที่เติม BHT ร้อยละ 0.02, 3) กลุ่มที่เติม Potassium sorbate ร้อยละ 0.1, 4) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2 พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งแต่ละกลุ่มการทดลองได้คะแนนความชอบ ด้านลักษณะปรากฏเท่ากับ 5.56, 5.50, 5.28 และ 4.97 ตามลำดับ ด้านสีได้คะแนนความชอบเท่ากับ 5.47, 5.38, 4.78 และ 4.66 ตามลำดับ โดยทั้งสองลักษณะกลุ่มที่ใส่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ใส่ BHT ($P < 0.05$) ด้านกลิ่นรสได้คะแนนความชอบเท่ากับ 5.16, 4.84, 4.63 และ 4.44 ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่ใส่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ด้านเนื้อสัมผัสได้คะแนนความชอบเท่ากับ 4.53, 4.50, 4.69 และ 4.38 ตามลำดับ ($P > 0.05$) ส่วนด้านรสชาติ พบว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานกลุ่มที่ใส่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ได้คะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 1.38 ($P < 0.05$) และคุณภาพโดยรวมได้คะแนนความชอบเท่ากับ 2.03 ($P < 0.05$) ซึ่งจากผลดังกล่าวเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2 ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.31

จากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ เยวตักยณ์ สุรพันธ์สินธุ์ (2549) ได้ทำการศึกษาการใช้สารสกัดจากดอกกระเจียบแดงและเปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวานเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในหมูแผ่น พบว่าหมูแผ่นที่เติมสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวานมีรสชาติขม นั้นเป็นผลมาจากความขมของสารประกอบในกลุ่มของลิโมนอยด์ (limonoids) และ โนมิลิน (nomilin) ซึ่งมีอยู่ในสารสกัดเมื่อนำมาเติมในส่วนผสมของหมูหวานจึงทำให้หมูแผ่นมีรสชาติขม *Ahn et al.* (2007) รายงานว่าสารสกัดเมล็ดองุ่นที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 0.2 ไม่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และรสชาติ แต่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มมากกว่าร้อยละ 1 มีผลต่อลักษณะด้านสีแดงคือ ได้ระดับคะแนนมากกว่ากลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4.31 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการประเมินความชอบของผู้บริโภครต่อผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

คุณลักษณะ	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	<i>C. carandas</i> 0.2%
ลักษณะปรากฏ	5.56 ± 0.76 ^{A,†,§}	5.50 ± 0.84 ^A	5.28 ± 0.73 ^{AB}	4.97 ± 0.74 ^B
สี	5.47 ± 0.95 ^A	5.38 ± 1.04 ^A	4.78 ± 1.18 ^B	4.66 ± 1.15 ^B
กลิ่นรส	5.16 ± 1.19 ^A	4.84 ± 0.95 ^{AB}	4.63 ± 1.18 ^{AB}	4.44 ± 1.13 ^B
เนื้อสัมผัส	4.53 ± 1.05 ^A	4.50 ± 1.05 ^A	4.69 ± 0.97 ^A	4.38 ± 1.24 ^A
รสชาติ	5.16 ± 0.95 ^A	5.06 ± 1.01 ^A	4.88 ± 1.21 ^A	1.38 ± 0.61 ^B
คุณภาพโดยรวม	5.13 ± 0.98 ^A	5.03 ± 1.00 ^A	5.00 ± 1.05 ^A	2.03 ± 0.78 ^B

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รุ่นการผลิต

[§] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบ, 4 = เฉย ๆ, 5 = ชอบ, 6 = ชอบมาก, 7 = ชอบมากที่สุด

4.4.5 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการ

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง จากตารางที่ 4.32 พบว่าค่าร้อยละความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเถ้าของกลุ่มที่ควบคุม มีค่าเท่ากับร้อยละ 13.04, 21.43, 22.88, 39.47 และ 3.18 ตามลำดับ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2 โดยกลุ่มที่เติมมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.79, 19.93, 22.53, 38.65 และ 3.10 ตามลำดับ เมื่อคำนวณค่าพลังงานทั้งหมดของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง พบว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยกลุ่มควบคุมมีค่าพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 442.21 kcal/100 g เป็นพลังงานที่ได้จากโปรตีน 91.52 kcal/100 g, คาร์โบไฮเดรต 157.86 kcal/100 g และไขมัน 192.83 kcal/100 g ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20.70, 35.70 และ 43.61 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2 มีค่าพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 424.01 kcal/100 g เป็นพลังงานที่ได้จากโปรตีน 90.10 kcal/100 g, คาร์โบไฮเดรต 154.58 kcal/100 g และไขมัน 179.33 kcal/100 g ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 21.25, 36.46 และ 42.29 ตามลำดับ Sarma *et al.* 2015 รายงานว่า ผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่ (แบบผง) ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต 19.32 mg/100 g โปรตีน 0.185 µg/g เยื่อใยร้อยละ 15.64 และวิตามินซี 62.93 mg/100 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 องค์ประกอบทางเคมี และพลังงานของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กลุ่มทดลอง	
	กลุ่มควบคุม	มะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2%
ความชื้น (%)	13.04 ± 0.07 [†]	15.79 ± 0.06
ไขมัน (%)	21.43 ± 0.12	19.93 ± 0.06
โปรตีน (%)	22.88 ± 0.14	22.53 ± 0.05
คาร์โบไฮเดรต (%)	39.47 ± 0.12	38.65 ± 0.12
เถ้า (%)	3.18 ± 0.04	3.10 ± 0.04
Energy value (kcal/100 g)	442.21 ± 1.00	424.01 ± 0.86
- Calories from Protein	91.52 ± 0.57	90.10 ± 0.20
- Calories from Carbohydrate	157.86 ± 0.48	154.58 ± 0.48
- Calories from Fat	192.83 ± 1.08	179.33 ± 0.57
- Calories from Protein (%)	20.70 ± 0.17	21.25 ± 0.09
- Calories from Carbohydrate (%)	35.70 ± 0.03 ^a	36.46 ± 0.04 ^a
- Calories from Fat (%)	43.61 ± 0.15 ^a	42.29 ± 0.05 ^a

[†] คือ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 2 รุ่นการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาสัดส่วนไขมันของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน ที่มีสัดส่วนไขมันร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 ต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า

1. ปริมาณไขมันไม่มีผลต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์
2. ปริมาณไขมันที่ระดับร้อยละ 15 มีผลที่ดีต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์
3. ปริมาณไขมันที่ระดับร้อยละ 15 ได้คะแนนความชอบในระดับที่สูง
4. ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันในระดับนี้สามารถเก็บได้ภายใน 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องแช่เย็น
5. ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ เนื่องจากผ่านกระบวนการอบที่ได้มาตรฐานถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์หมูหวานที่ปลอดภัยและพร้อมรับประทาน ได้เลย

การทดลองที่ 2 การศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ การบรรจุแบบสุญญากาศ (vacuum pack) และการบรรจุแบบมีอากาศภายในมีวัตถุประสงค์เพื่อออกซิเจน (aerobic pack) เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า

1. ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน มีคุณภาพทั้งทางด้านกายภาพ เคมี ไม่มีความแตกต่างกัน
2. คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์พบว่ามีค่าที่ 6 และ 8 ของผลิตภัณฑ์หมูหวานที่บรรจุแบบมีอากาศพบการปนเปื้อนของเชื้อรา
3. คุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าทุกลักษณะที่ทำทดสอบผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับได้ไม่แตกต่างกันในทางสถิติของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบ แต่บรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศจะได้คะแนนการยอมรับสูงกว่าเล็กน้อยในทุกลักษณะ

การทดลองที่ 3 การศึกษาความสามารถของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร พบว่า

1. สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ระดับความเข้มข้น 100, 50, 25 และ 12.5 mg/ml มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มก่อโรค และทำให้อาหารเน่าเสียได้ โดยยับยั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อ *P. fluorescens* JCM 5963^T, *S. Typhimurium* TISTR 292, *A. hydrophila* TISTR 1321, *S. aureus* TISTR 118, *P. fluorescens* TISTR 358, *B. subtilis* JCM 1465, *E. coli* TISTR 780 ได้ดี

2. ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ (MIC) สำหรับ *P. fluorescens* TISTR 358 และ *S. aureus* TISTR 118 คือ ที่ระดับความเข้มข้น 25 mg/ml ขณะที่ *S. Typhimurium* TISTR 292 และ *E. coli* TISTR 780 คือระดับความเข้มข้น 50 mg/ml

3. ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (MBC) สำหรับ *P. fluorescens* และ *E. coli* TISTR 780 คือที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/ml ส่วน *S. Typhimurium* TISTR 292 และ *S. aureus* TISTR 118 คือที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 25 mg/ml

การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแข็งพร้อมรับประทานพบว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่า

1. ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ได้สารสกัดร้อยละ 0.2 มีค่าร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง ค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่น ๆ
2. ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ได้สารสกัดร้อยละ 0.6 มีค่าความสว่างสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ส่วนค่าสีแดง และค่าสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
3. ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ได้สารสกัดร้อยละ 0.6 มีค่าการกำจัดอนุมูลอิสระด้วย DPPH สูงกว่ากลุ่มควบคุม ถึงแม้ว่าเมื่อการเก็บรักษานานขึ้นค่า DPPH จะลดลงแต่ก็ยังสูงกว่ากลุ่มควบคุม
4. คุณภาพทางประสาททางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์หมูหวานกลุ่มที่ได้สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0.2 ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยได้คะแนนความชอบ 1 ในด้านรสชาติ และได้คะแนนความชอบ 2 ในด้านลักษณะโดยรวม เนื่องจากมีรสชาติขมจึงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่า สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สามารถยับยั้งเชื้อกลุ่มก่อโรค และกลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาในผลิตภัณฑ์เนื้อสด
2. ตัวสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ใช้ มีรสชาติขม เมื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็งทำให้มีผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมซึ่งอาจจะเป็นการเปลี่ยนรูปแบบการนำไปใช้
3. ควรมีการศึกษาค่าประเภททางเคมีของมะม่วงหาวมะนาวโห่เพื่อให้ทราบถึงตัวออกฤทธิ์ที่แน่นอนก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในอาหารเพื่อประโยชน์อันสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กัลยภัทร แก้วมีแสง จุฑิพร จันทร์เหลือง และ บุษราคัม โชครมย์. 2556. การใช้มะนาวโห่เพื่อต้านอนุมูลอิสระในหมูหวาน. ปัญหาพิเศษ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ชั้นสูง. กรุงเทพมหานคร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2545. การจัดการโรงฆ่าสัตว์. กรุงเทพมหานคร : คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ พรรณีลา สีวะสิริพหุเทพ. 2556. เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการผลิตเนื้อสัตว์. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เจนจิรา จิรมย์ และ ประสงค์ สีหนาม. 2554. “อนุมูลอิสระสารต้านอนุมูลอิสระแหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา.” วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์. 1(1) : 59-70.
- ชุตติกาญจน์ ศักดิ์สิงห์. 2551. การศึกษาสมบัติต้านอนุมูลอิสระในผักพื้นบ้าน. การศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสำหรับครู คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชัยณรงค์ คันทพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ภายภาพของอาหาร. กรุงเทพมหานคร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิธิยารัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.
- นิธิยารัตนาปนนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.
- นิพนธ์ ลีมสงวน. 2547. การศึกษากระบวนการสกัดคุณสมบัติในการเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์และสารต้านอนุมูลอิสระของคาเทชินจากชาเขียวของไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพมหานคร.
- นัยนา บุญทวีวัฒน์. 2553. ชีวเคมีทางโภชนาการ. กรุงเทพมหานคร : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธีรารัง เมฆโหรา และ พงศ์ศักดิ์ ศรีธเนศชัย. 2549. “การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างและการเจริญเติบโตของ เชื้อแบคทีเรียของเนื้อสุกที่วางจำหน่ายในตลาดสดถาวร กรุงเทพมหานคร.” วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 24 (3) : 32-46.

บุษกร อุดรภิชาติ. 2552. จุลชีววิทยาทางอาหาร. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

บุญศรี จงเสรีจิตต์. 2552. จุลชีววิทยาทางอาหาร. นครปฐม : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม. 2545. ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้มที่ปลูกในประเทศไทย. รายงานการวิจัย. สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2555. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (กุนเชียง). กรุงเทพมหานคร : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิเชียร. 2546. การใช้สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง เปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวานเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในหมูแผ่น. รายงานการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

ระวีวรรณ แก้วอมตวงศ์ และทรงพร จึงมั่นคง. 2549. “ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดพืชสมุนไพรบางชนิด.” วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 82 : 76-88.

วิษุตา ตั้งขี้แก้ว. 2552. “ลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอ์เตอร์เส้นใยสูงเสริมด้วยแบคทีเรียแลคโตส.” วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 29 (4) : 112-123.

วชิราภรณ์ ผิวล่อง, สุรศักดิ์ ตั้งบุตร, ศิริลักษณ์ สิงห์เพชร และ จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ. 2556. “อิทธิพลของระยะเวลาสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่.” วิทยาศาสตร์เกษตร. 44 (2) : 337-340.

สกุลกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแต่ง และ พัชรี สิริตระกูลศักดิ์. 2556. “การประเมินปริมาณสารพิษเคมีบางประการและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระใน *Carissa carandas* L.” เกษตร. 41 (1) : 602-606.

สมาคมผู้ผลิตและแปรรูปสุกเพื่อการส่งออก. “การบริโภคเนื้อสุกบางประเทศ.” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaiswine.org/Portals/4/stat%20year/บริโภค57.pdf>. ไม่ระบุปีที่พิมพ์.

สุนันทา วัฒนสินธุ์. 2549. จุลชีววิทยาทางอาหาร. กรุงเทพมหานคร : จามจุรีโปรดักท์.

สุนีย์ สหัทธโพธิ์. 2543. ชีวเคมีทางโภชนาการ. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สุริย์ นานาสมบัติ. 2551. การประยุกต์ใช้สารสกัดจากผักพื้นบ้านเพื่อใช้เป็นสารต้านออกซิเดชัน และสารต้านจุลินทรีย์จากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์. รายงานการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ. ไม่ระบุปี. มะม่วงหาวมะนาวโห่. [Online]. Available : http://www.biogang.net/plant_view.php?uid=67314&id=222082. [สืบค้นวันที่ 28 ธันวาคม 2558]
- อดิศักดิ์ งามวงษ์. 2557. “ผลของความแก่ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลหนามแดง.” *วิทยาศาสตร์เกษตร*. 45 (3) : 229-232.
- Adams, M.R. and Moss, M.O. 2008. *Food microbiology*. Cambridge : RSC.
- Ahn, D.U., Olson, D.G., Lee, J.I., Jo, C., Wu, C. and Chen, X. 1998. “Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatiles in pork patties.” *J. Food Sci.* 63 : 15-19.
- Ahn, J., Grun, I.U. and Mustapha, A. 2007. “Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef.” *Food Microbiol.* 24 : 7-14.
- Agarwal, T., Singh, R., Shukla, A.D. and Waris, I. 2012. “*In vitro* study of antibacterial activity of *Carissa Carandas* leaf extracts.” *Asian J. Plant Sci. Res.* 2 : 36-40.
- AOAC. 1995. *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, and other enterobacteriaceae in foods: Biochemical identification kit method. Sec. 17.9.05, Method 989.12. p. 63-64. In P.A. Cunniff. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg, MD.
- AOAC. 2005. Chapter 17 AOAC Official Method 940. 36b. p. 2. In Horwitz, W. and Latimer, G.W. *Official methods of analysis of AOAC International*. Maryland.
- AOAC. 2006. Chapter 17 AOAC Official Method 966. 23c-24. p.5-6. In Horwitz, W. and Latimer, G.W. *Official methods of analysis of AOAC International*. Maryland.
- BAM. 2001. Bacteriological Analytical Manual online, Chapter 12 on *Staphylococcus aureus*. U.S. Food and Drug Administration. [Online]. Available: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071429.html>. [สืบค้นวันที่ 9 ธันวาคม 2556]
- Bauer, A.W., Kieby, W.M.M., Sherris, J.C. and Turck M. 1966. “Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disc method.” *J. Clin. Pathol.* 45 : 493-496.
- BeMiller, J.N. and Whistler, R.L. 1996. “Carbohydrate.” 157-224. in Fennema, O.R. *Food Chemistry*. New York : Marcel Dekker.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bhaskar, V.H. and Balakrishnan, N. 2009. "Analgesic, anti-inflammatory and antipyretic activities of *Pergularia daemia* and *Carissa carandas*." **J. Pharm. Sci.** 17 : 168-174.
- Bint-e-Sadek, Y., Choudhry, N. and Shahriar, M. 2013. "Biological Investigations of the leaf extracts of *Carissa Carandas*." **Res. Sci. Press.** 5 : 97-105.
- Calicioglu, M., Sofos, J.N. and Kendall, P.A. 2003. "Fate of acid adapted and non-adapted *E. coli* O157:H7 inoculated post-drying on beef jerky treated with marinades before drying." **Food Microbiol.** 20 : 169-177.
- Campos, C.A., Rodriguez, O., Calo-Mata, P., Prado M. and Barrops-Velazquez, J. 2006. "Preliminary characterization of bacteriocin from *Lactococcus lactis*, *Enterococcus faecium* and *Enterococcus munditii* strains isolated from turbot (*Psetta maxima*)." **Int. Food Res.** 39 : 356-364.
- Carpenter, R., O'Grady, M.N., O'Callaghan, Y.C., O'Brien, M.N. and Kerry, J.P. 2007. "Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork." **Meat Sci.** 76 : 604-610.
- Castellini, C., Mugnai, C. and Bosco, A.D. 2002. "Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality." **Meat Sci.** 60 : 219-225.
- Cengiz, K. and Gokiglu, N. 2007. "Effects of fat reduction and fat replacer addition on some quality characteristics of frankfurter-type sausages." **Int. J. Food Sci. Technol.** 42 : 366-372.
- Chattopadhyay, K. and Chattopadhyay, B. D. 2008. "Effect of nicotine on lipid profile, peroxidation and antioxidant enzymes in female rats with restricted dietary protein." **Indian J. Med. Res.** 127 : 571-576.
- Chen, W.S., Liu, D.C. and Chen, M.T. 2002. "Effect of high level of sucrose on the moisture content, water activity, protein denaturation and sensory properties in Chinese-style pork jerky." **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 15 : 585-590.
- Cisowska, A., Dorota, W. and Andrzej, B.H. 2010. "Anthocyanins as antimicrobial agents of natural plant origin." **Nat. Prod. Commun.** 6 : 149-156.
- CLSI. 2002. **Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically.** 7th Ed. Villanova, PA : NCCLS, Approved standard. M7-A7.

- Cosenza, G.H., Williams, S.K., Johnson, D.D., Sims, C. and McGowan, C.H. 2003. "Development and evaluation of a cabrito smoked sausage product." *Meat Sci.* 64: 119-124.
- Crehan, C.M., Hughes, E., Troy, D.J. and Buckley, D.J. 2000. "Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat." *Meat Sci.* 55 : 463-369.
- De Kruijf, N.N., Van Beest, M., Rijk, R., Sipilainen-malm, T., Paseiro Losada, P. and De Meulenaer, B. 2002. "Active and intelligent packaging : applications and regulatory aspects." *Food Addit. Contam.* 19 : 144-162.
- Devatkal, S.K. and Naveena, B.M. 2010. "Effect of salt, kinnow and pomegranate fruit by-product powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat during refrigerated storage." *Meat Sci.* 85 : 306-311.
- Esen, N., Wagoner, G. and Philips, N. 2010. "Evaluation of capsular strains of *S.aureus* in an experimental brain abscess model." *J. Clin. Microbiol.* 218 : 83-93.
- Farouk, M.M. and Swan, J.E. 1999. "Boning and storage temperature effects on the attributes of soft jerky and frozen/cooked free-flow mince." *J. Food Sci.* 64 : 465-468.
- Formanek, Z., Kerry, J.P., Higgins, F.M., Buckley, D.J., Morrissey, P.A. and Farkas, J. 2001. "Addition of synthetic and natural antioxidants to alpha-tocopheryl-acetate supplemented beef patties : effects of antioxidants and packaging on lipid oxidation." *Meat Sci.* 58 : 337-341.
- Frankel, E.N. and Meyer, A.S. 2000. "The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants." *J. Sci. Food Agric.* 80 : 1925-1941.
- Frazier, W. and Westhoff, D.C. 1988. *Food microbiology*. New York : Mcgraw-hill.
- Gordon, M.H. 2001. "The development of oxidative rancidity in foods." 7-20. in Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. **Antioxidants in food, practical application**. New York : CRC Press.
- Gunstone, F.D. 1999. **Fatty acid and lipid chemistry**. Gaithersburg : Aspen.
- Gupta, P., Sharma, A. and Verma, A.K. 2012. "GC/MS profiling and antimicrobial effect of six Indian tropical fruit residues against clinically pathogenic bacterial strain." *Int. J. Adv. Pharm. Res.* 3 : 1229-1235.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Halliwell, B., Murcia, M.A., Chirico, S. and Aruoma, O.I. 1995. "Free radicals and antioxidants in food and *in vivo*: what they do and how they work." **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 35 : 7-20.
- Halliwell, B. 2009. "The wanderings of a free radical." **Free Radical Biol. Med.** 46 : 531-542.
- Howell, N.K. and Saeed, S. 1999. "The effect of antioxidants on the production of lipid oxidation products and transfer of free radicals in oxidized lipid-protein system." 43-54. in Basu, T.K., Temple, N.J. and Garg, M.L. **Antioxidants in human health and disease.** London : CABI.
- Huang, T.C. and Nip, W.K. 2001. "Intermediate moisture meat and dehydrated meat." 404-436. in Hui, Y.H., Nip, W., Rogers, R.W. and Young, O.A. **Meat science and applications.** New York : Mercel Dekker.
- Huang, S.C., Shiau, C.Y., Liu, T.E., Chu, C.L. and Hwang, D.F. 2005. "Effects of rice bran on sensory and physico-chemical properties of emulsified pork meatballs." **Meat Sci.** 70 : 613-619.
- He, C., Pan, Y., Ji, X. and Wang, H., Cirillo, G. and Iemma, F., editor. 2013. **Antioxidant polymers synthesis, properties, and applications.** USA : Scrivener Publishing LLC.
- Jakobsen, M. and Bertelsen, G. 2000. "Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a surface response model for predicting the effects of temperature, storage time and modified atmosphere composition." **Meat Sci.** 54 : 49-57.
- Jeong, S.Y., Kim, D.R., Kim, K.C., Nam, D.U. and Ahn Lee, S.C. 2004. "Effect of seed roasting conditions on the antioxidant activity of defatted sesame meal extracts." **Food Chem. Toxicol.** 69 : 377-381.
- Jigna, P., Rathish, N. and Sumitra, C., 2005. "Preliminary screening of some folklore medicinal plants from western India for potential antimicrobial activity." **Indian J. Pharmacol.** 37 : 408-409.
- Jo, C., Lee, J.I. and Ahn, D.U. 1999. "Lipid oxidation, color changes and volatiles production in irradiated pork sausage with different fat content and packaging during storage." **Meat Sci.** 51 : 355-361.
- Jose, F.S., Rafael. G. and Miguel A.C. 1994. "Water activity of Spanish intermediate moisture meat products." **Meat Sci.** 38 : 341-350.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Karre, L., Lopez, K. and Getty, K. J.K. 2013. "Natural antioxidants in meat and poultry products." **Meat Sci.** 94 : 220-227.
- Kalyanaraman, B. and Gutterman, D.D. 2003. "Vascular signaling by free radicals prologue: vascular effects of free radical." **Am. J. Physiol. Hear Circ. Physiol.** 285 : 2253-2254.
- Kolakowska, A. 2002. "Lipid oxidation in food systems." in Sikorski, Z.E. and Kolakowska, S. **Chemical and functional properties of food lipids.** Boca Raton. CRC Press
- Kolakowska, A.K. and Sikorski, Z. 2010. "Lipids and Food quality" 71-80. in Kolakowska, A. **Chemical, biological, and functional aspects of food lipids.** Boca Raton. CRC Press.
- Konieczny, P., Stangierski, J. and Kowalski, R. 2007. "Physical and chemical characteristics and acceptability of home style beef jerky." **Meat Sci.** 76 : 253-257.
- Kumar, S., Gupta, P. and Gupta K.L, V. 2013. "A critical review on Karamarda (*Carissa carandas* Linn.)." **Int. J. Pharm. Biol. Sci. Arch.** 4 : 637-642.
- Lawrie, R.A. 2006. **Lawrie's meatscience.** Boca Raton : CRC Press.
- Lee, S.W. and Kang, C.S. 2003. "Effects of moisture content and drying temperature on the physicochemical properties of ostrich jerky." **Nahrung,** 47 : 330-333.
- Lund, M.N., Hviid, M.S. and Skibsted, L.H. 2007. "The combined effect of antioxidants and modified atmosphere packaging on protein and lipid oxidation in beef patties during chill storage." **Meat Sci.** 76 : 226-233.
- Madhavi, D.L., Deshpande, S.S. and Salunkhe, D.K. 1996. **Food antioxidant : Technological.** New York : Marcel Dekker, Inc.
- Maheshwari, R., Sharma, A. and Verma, D. 2012. "Phyto-therapeutic significance of Karaunda." **Bull. Env. Phamacol. Life Sci.** 1 : 34-36.
- Martinez, L., Djenane, D., Cilla, I., Beltran, J.A. and Roncales, P. 2006. "Effect of varying oxygen concentrations on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere." **Food chem.** 94 : 219-225.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1987. **Sensory evaluation techniques.** Florida. CRC Press.
- McCarthy, T.L., Kerry, J.P., Kerry, J.F., Lynch, P.B. and Buckley, D.J. 2001. "Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties." **Meat Sci.** 58 : 45-52.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Misha, C.K., Shrivastava, B. and Sasmal, D. 2013. "Pharmacognostical standardization and phytochemical identification of fruit and root of *Carissa carandas* Linn." **Int. J. Pharm. Sci.** 5 : 346-350.
- Murphy, R.Y., Johnson, E.R., Duncan, L.K., Clausen, E.C., Davis, M.D. and March, J.A. 2001. "Heat transfer properties, moisture loss, product yield, and soluble proteins in chicken breast patties during air convection cooking." **Poult. Sci.** 80 : 508-514.
- Nanjo, F., Goto, K., Seto, R., Suzuki, M., Sakai, M. and Hara, Y. 1996. "Scavenging Effects of Tea Catechins and Their Derivatives on 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl Radical." **Free Radical Biol. Med.** 21 : 895-902.
- Naveena, B., Sen, A., Vaithyanathan, R., Babja, S., Babja, Y. and Kondiah, N. 2008. "Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties." **Meat Sci.** 80 : 1304-1308.
- Nawar, W.W. 1996. "Lipid." 210-243. in Fennema, O.R. **Food Chemistry**. New York : Marcel Dekker.
- Nissen, L.R., Byrne, D.V., Bertelsen, G. and Skibsted, L.H. 2004. "The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis." **Meat Sci.** 68 : 485-495.
- Nunez de Gonzalez, M.T., Hafley, B.S., Boleman, R.m., Miller, R.K., Rhee, K.S. and Keeton, J.T. 2008. "Antioxidant properties of plum concentrates and powder in precooked roast beef to reduce lipid oxidation." **Meat Sci.** 80 : 997-1004.
- Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F. and Sánchez-Muniz, F.J. 2013. "Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods." **Meat Sci.** 95 : 919-930.
- Pin-Der, D. and Gow-Chin, Y. 1997. "Antioxidant efficacy of methanolic extracts of peanut hulls in soybean and peanut oils." **J. Am. Oil Chem. Soc.** 74 : 745-748.
- Prenci, E., Berto, S., Daniele, P.G. and Toso, S. 2007. "Antioxidant power quantification of decoction and cold infusions of *Hibiscus sabdariffa* flowers." **Food Chem.** 100 : 433-438.
- Pomeranz, Y. 1991. **Functional properties of food component**. San Diego : Academic Press.
- Qwele, K., Hugo, A., Oyedemi, S.O., Moyo, B., Masika, P.J. and Muchenje, V. 2013. "Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- supplemented with Moringa (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay.” **Meat Sci.** 93 : 455-462.
- Ray, B. 2004. **Fundamental food microbiology.** London : CRC Press.
- Reische, D.W., Lillard, D.A. and Eitenmiller, R.R. 2002. “Antioxidants.” 489-516. in Akoh, C.C. and Min, D.B. **Food lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology.** New York : Marcel Dekker.
- Roby, M.H.H., Sarhan, M.A., Selim, K.A.H. and Khalel, K.I. 2013. “Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. **Ind. Crop. Prod.** 43 : 827-831.
- Rojas, M.C. and Brewer, M.S. 2007. “Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork.” **J. Food Sci.** 72 : 5282-5288.
- Salar, R.K. and Dhall, A. 2010. “Antimicrobial and free radical scavenging activity of extracts of some Indian medicinal plants.” **J. Med. Plant Res.** 4 : 2313-1320.
- Sanchez-Moreno, C., Jimenez-Escia, A. and Saura-Calixto, J. 2000. “Study of low-density lipoprotein oxidizability indexes to measure the antioxidant activity of dietary polyphenols.” **Nutr. Res.** 20 : 941-953.
- Sebranek, S.G., Sewalt, V.J.H., Robbins, K.L. and Houser, T.A. 2005. “Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage.” **Meat Sci.** 69 : 289-296.
- Saricoban, C. and Yilmaz, M.T. 2010. Modelling the effects of processing factors on the changes in colour parameters of cooked meatballs using response surface methodology. **Appl. Sci. J.** 9 : 14-22.
- Salar, R.K. and Dhall, A. 2010. “Antimicrobial and free radical scavenging activity of extracts of some Indian medicinal plants.” **J. Med. Plants Res.** 4 : 2313-2320.
- Shahid, L., Saba, H., Mubeena, A., Muhammad, Z. and Jamshed, A. 2008. “Efficiency of pomegranate peel extracts in stabilization of sunflower oil under accelerated conditions.” **Int. Food Res.** 41 : 194-200.
- Shapoval, G.S. and Gromovaia, V.F. 2003. “Mechanism of antioxidant protection of an organism from oxidative stress.” **Ukr. Biokhim. Zh.** 75 : 5-13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sharma, A., Reddy, G.D., Kaushik, A., Shanker, K., Tiwari, R.K., Mukherjee, A. and Rao, C.V. 2007. Analgesic and anti-inflammatory activity of *Carissa carandas* L. fruits and *Microstylis wallichii* Lindl tubers. **Nat. Prod. Sci.** 13 : 6-10.
- Sheridan, J.J., Doherty, A.M., Allen, P., McDowell, D.A., Blair, I.S. and Harrington, D. 1997. "The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the shelf-life of lamb primals stored at different temperatures." **Meat Sci.** 45 : 107-117.
- Siddiqi, R., Naz, S., Ahmad, S. and Sayeed, S.A. 2011. "Antimicrobial activity of the polyphenolic fractions derived from *Grewia asiatica*, *Eugenia jambolana* and *Carissa carandas*." **Int. J. Food Sci.** 46 : 250-256.
- Siddiqi, R., Naz, S., Sayeed, S.A., Ishteyaque, S., Haider, M.S., Tarar, O.M. and Jamil, K. 2013. "Antioxidant potential of the polyphenolics in *Grewia asiatica*, *Eugenia jambolana* and *Carissa carandas*." **J. Agric. Sci.** 5 : 217-223.
- Singh, B. and Sangwan, P. 2011. "Taxonomy, ethnobotany and antimicrobial activity of *Alstonia scholaris* (L.) R.Br., *Carissa carandas* L. and *Catharanthus roseus* (L.) G. Don." **Int J Biotechnol. Biol. Sci.** 1 : 102-112.
- Singh, A. and Uppal, G.K. 2015. "A review on *Carissa carandas* - phytochemistry, ethnopharmacology, and micropropagation as conservation strategy." **Asian J. Pharm. Clin. Res.** 8 : 26-30.
- Soubra, L., Sarkis, D., Hilan, C. and Verger, P.H. 2007. "Dietary exposure of children and teenagers to benzoates, sulphites, butylhydroxyanisole (BHA) and butylhydroxytoluene (BHT) in Beirut (Lebanon)." **Regul. Toxicol. Pharm.** 47 : 68-77.
- Stolyhwo, A. 2007. "Lipid and food quality." 177-203. in Sikorski, Z.E. **Chemical and functional properties of food components.** Boca Raton : CRC Press.
- Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P. and Griffiths, M.W. 2006. "Morphological and physiological responses of *Campylobacter jejuni* to stress." **J. Food Prot.** 69 : 2747-2753.
- Trate, R. editor. 2009. **Ingredients in meat products properties, functionality and applications.** USA : Springer science and Business media, LLC.
- Tobin, B.D., O'Sullivan, M.G., Hamill, R.M. and Kerry, J.P. 2012. "Effect of varying salt and fat levels on the sensory and physiochemical quality of frankfurters." **Meat Sci.** 92 : 659-666.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Tobin, B.D., O'Sullivan, M.G., Hamill, R.M. and Kerry, J.P. 2013. "The impact of salt and fat level variation on the physicochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages." *Meat Sci.* 93 : 145-152.
- Tsuda, T., Horio, F., Uchida, K., Aoki, H. and Osawa, T. 2003. "Dietary cyaniding 3-O- β -D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice." *J. Nutr.* 133 : 2125-2130.
- Ulu, H. 2006. "Effect of caragenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs." *Food Chem.* 95 : 600-605.
- Varnam, A.H. and Sutherland, J.P. 1995. *Meat and meat products : technology, chemistry and microbiology.* London : Chapman and Hall.
- Wetwitayaklung, P., Charoenteeraboon, J., Limmatvapirat, C. and Phaechamud, T. 2012. "Antioxidant activities of some Thai and exotic fruits cultivated in Thailand." *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.* 3 : 12-21.
- Wong, P.K., Yusof, S., Ghazali, H.M. and Che Man, Y.B. 2002. "Physico-chemical characteristics of reselle (*Hibiscus Sabdariffa* L)." *Nutr. Food Sci.* 32 : 68-73.
- Wongwiwat, P. and Wattanachant, S. 2014. "Effect of sugar types on physical attributes and crystalline structure of sweet-dried chicken meat product." *Int. Food Res. J.* 21 : 2285-2291.
- Yanishieva-Maslarova, N.V. 2001. "Inhibiting oxidation." 22-57. in Pokorny, J., Yanishlieva, N.V. and Gordon, M. *Antioxidants in food : practical applications.* New York : CRC Press.
- Yilmaz, I. 2004. "Effects of rye bran addition on fatty acid composition and quality characteristics of low-fat meatballs." *Meat Sci.* 67 : 245-249.
- Youwei, Z., Jinlian, Z. and Yonghong, P. 2007. "A comparative study on the free radical scavenging activities of some fresh flowers in Southern China." *Food Sci. Tech.* 41 : 1586-1591.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.85

Sodium chloride (NaCl) 8.50 กรัม

ละลายส่วนผสมในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2. สารละลายเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 70

95% ethanol 737.00 มิลลิลิตร

Distilled water 233.00 มิลลิลิตร

สารละลายเอทานอลผสมกับน้ำกลั่น และเขย่าให้เข้ากัน เก็บในขวดสีชาปิดฝาสนิท

3. สารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 (40% Potassium hydroxide)

Potassium hydroxide 40.00 กรัม

Distilled water 100.00 มิลลิลิตร

ละลายสารทั้งหมด และคนให้สารละลายจนเข้ากัน เก็บในขวดสีชา

4. สารละลายเนฟทอล ความเข้มข้นร้อยละ 5 (5% *O*-naphthol solution)

Naphthol 5.00 กรัม

Distilled water 100.00 มิลลิลิตร

ละลายสารทั้งหมด และเขย่าจนเข้ากัน เก็บในขวดสีชา

5. สารละลายเมทิลเรด (Methyl red solution)

Methyl red 0.50 กรัม

95% ethanol 300.00 มิลลิลิตร

Distilled water 200.00 มิลลิลิตร

ละลายสารเมทิลเรดในสารละลายเอทานอลจนเข้ากันดี จากนั้นเติมน้ำกลั่นที่เตรียมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สารละลาย Kovac's reagent

Para-dimethyl-aminobenzaldehyde	5.00	กรัม
Amyl or buthyl alcohol	75.00	มิลลิลิตร
Hydrochloric acid (37%) C.P.	25.00	มิลลิลิตร

ละลาย Para-dimethyl-aminobenzaldehyde ใน Amyl or buthyl alcohol อุณหภูมิห้องผสมโดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิจนกระทั่งส่วนผสมละลายเข้ากันได้ดี เติมเกลือด้วยความระมัดระวัง และคนให้เข้ากัน เก็บในขวดสีชาปิดฝาสนิท

7. การเตรียมสารละลายสำหรับการสกัด malonaldehyde ในหมู่วานซีนรูปกึ่งแห้ง

7.1 0.069 M 2-Thiobarbituric acid (1000 มิลลิลิตร)

2-Thiobarbituric acid	10.00	กรัม
conc. HCL	20.00	มิลลิลิตร
90% Acetic acid	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย 2-Thiobarbituric acid 10.00 กรัม ใน 90% Acetic acid 600 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยให้ความร้อนพร้อมทั้งใช้แท่ง magnetic เพื่อช่วยในการกระจายตัวของสาร จากนั้นเติม conc. HCL 20.00 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย 90% Acetic acid ให้ครบ 1000 มิลลิลิตรด้วยขวดปรับปริมาตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

7.2 1 M Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4) (100 มิลลิลิตร)

Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4)	13.609	กรัม
Distilled water	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย KH_2PO_4 13.609 กรัม ใน Distilled water 70 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วย Distilled water ให้ครบ 100 มิลลิลิตร เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

7.3 50 mM Potassium phosphate (1000 มิลลิลิตร)

Dipotassium hydrogen orthophosphate (K_2HPO_4)	7.05	กรัม
Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4)	1.30	กรัม
Distilled water	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย K_2HPO_4 7.05 กรัม และ KH_2PO_4 1.30 กรัม ใน Distilled water 970 มิลลิลิตร จากนั้นปรับ pH ให้เป็น 7.4 ด้วย 1 M KH_2PO_4 แล้วปรับปริมาตรด้วย Distilled water ให้ครบ 1000 มิลลิลิตร เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

7.4 5N Hydrochloric acid (HCL) (250 มิลลิลิตร)

Hydrochloric acid	82.81	มิลลิลิตร
-------------------	-------	-----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท Distilled water ลงในขวดปรับปริมาตร จากนั้นค่อยๆ เติม HCL 82.81 มิลลิลิตร ลงไป แล้วปรับปริมาตรด้วย Distilled water ให้ครบ 250 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

7.5 0.2% Butylated hydroxytoluene (BHT) (100 มิลลิลิตร)

Butylated hydroxytoluene	0.2	กรัม
Ethanol	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Butylated hydroxytoluene 0.2 กรัม ใน Ethanol 70 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย Ethanol ให้ครบ 100 มิลลิลิตร ควรเตรียมใหม่ทุกครั้งเมื่อใช้งาน

7.6 Stock MDA 100 mM 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (TEP) (1000 มิลลิลิตร)

1,1,3,3-Tetraethoxypropane	24.47	ไมโครลิตร
HCL		
Distilled water		

ทำการผสม 1,1,3,3-Tetraethoxypropane 24.47 ไมโครลิตร ใน Distilled water 950 มิลลิลิตร แล้วเติม HCL 5-6 หยด แล้วปรับปริมาตรด้วย Distilled water ให้ครบ 1000 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

8. การเตรียมสารละลาย 0.2 mM DPPH (40 มิลลิลิตร)

2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl	0.0032	กรัม
Methanol	40	มิลลิลิตร

ทำการละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl 0.0032 กรัม ใน เมทานอล 40 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บในขวดสีชา ควรเตรียมใหม่ทุกครั้งเมื่อใช้งาน

9. การเตรียม 60 μ M Trolox

Trolox	0.0015	กรัม
95% ethanol	10	มิลลิลิตร

ทำการละลาย trolox 0.0015 กรัม ใน 95% ethanol 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

10. การวิเคราะห์หาความเข้มข้น malonadehyde ในหมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง

วิธีการสกัด malonadehyde ในหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน ด้วยเทคนิค TBARs test

เอกสารนี้เป็นเอกสารนำตัวอย่างหมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งมาบดให้ละเอียด จากนั้นสุ่มชั่งตัวอย่างละ 10 กรัม การคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เติมน้ำกลั่น 48 มิลลิลิตร และ BHT 1 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง จากนั้นนำมา homogenized ด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 1 นาที ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน

3) นำ stock MDA มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 ไมโครโมลต่อไมโครลิตร มาเป็นตัวเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (standard curve) จากนั้นนำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นโปรตีน

4) ก่อนกลั่นจะเติม 5N HCL 1 มิลลิลิตรและ anti-foaming agent 5-6 หยด

5) นำหลอดย่อยโปรตีนต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน กลั่นจนได้ของเหลวในขวดลูกหมวก ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์

6) นำสารละลายที่กลั่นได้มาปริมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเกลียวแล้วเติม 0.069 M TBA 5 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร

7) นำมาต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 55 นาที โดยเขย่าทุก ๆ 5 นาที เพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์

8) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดแล้ว นำออกจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ แล้วนำไปทำให้เย็นลงทันทีในน้ำแข็ง แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาที

9) นำตัวอย่างไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

10) คำนวณค่า TBARs Value

11. การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ malonaldehyde (MDA)

ทำกราฟมาตรฐานของสารละลาย MDA ในหนูหมานขึ้นรูปกึ่งแท่ง โดยนำ stock MDA มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 ไมโครโมลต่อไมโครลิตร จากนั้นนำสารละลาย stock MDA ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานและคำนวณสมการถดถอย $y = ax + b$ โดยค่า y เป็นค่าการดูดกลืนแสง และค่า x เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลาย stock MDA แล้วนำไปคำนวณค่า TBARs Value จากสูตร

$$\text{TBARs Value (mg MDA/ kg sample)} = \frac{\left(\frac{\text{OD} - b}{a} \right) \times 50}{10}$$

เมื่อ a และ b = ค่าที่ได้จากกราฟ

OD = ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่อ่านได้

50 = ปริมาณสารละลายที่ใช้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **10** = **น้ำหนักร่างกาย** ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. การวิเคราะห์การกำจัดอนุมูลอิสระด้วย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ในหมูหวาน ขึ้นรูปกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

- 1) นำตัวอย่างหมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้งมาคให้ละเอียด จากนั้นสุ่มชั่งตัวอย่างจำนวน 0.5 กรัม แล้วเติม 75% ethanol ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
- 2) นำไปโฮโมจีไนส์ด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็วรอบ 13,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที
- 3) จากนั้นนำไป centrifuge ที่ 12,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษ whatman No.1
- 4) แบ่งหลอดทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม โดยแบ่งส่วนใส (supernatant) ดังนี้ (i) เป็นหลอดของตัวอย่าง คุณส่วนใส 1 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.2 mM DPPH ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน (ii) คุณส่วนใส 1 มิลลิลิตร ผสมกับ เมทานอลปริมาตร 1 มิลลิลิตร (เป็น blank) และ (iii) หลอดควบคุมที่ผสมระหว่าง 0.2 mM DPPH ปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับ 100% เมทานอลปริมาตร 1 มิลลิลิตร
- 5) วางหลอดทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที
- 6) เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร
- 7) คำนวณค่าการกำจัดอนุมูลอิสระ ด้วยสูตรการคำนวณ

$$\% \text{Inhibition of DPPH} = 1 - \frac{(\text{absorbance of sample} - \text{absorbance of blank})}{\text{absorbance of control}} \times 100$$

ภาคผนวก ข

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. MRS broth

ประกอบด้วย			
	Peptone from casein	10.0	กรัม
	Meat extract	8.0	กรัม
	Yeast extract	4.0	กรัม
	D(+)-Glucose	20.0	กรัม
	di-Potassium hydrogen phosphate	2.0	กรัม
	Tween 80	1.0	กรัม
	di-Ammonium hydrogen citrate	2.0	กรัม
	Sodium acetate	5.0	กรัม
	Magnesium sulfate	0.2	กรัม
	Manganese sulfate	0.04	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็น 5.7 ± 0.2 จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2. MRS agar + 0.5% CaCO₃

ประกอบด้วย			
	Peptone from casein	10.0	กรัม
	Meat extract	8.0	กรัม
	Yeast extract	4.0	กรัม
	D(+)-Glucose	20.0	กรัม
	di-Potassium hydrogen phosphate	2.0	กรัม
	Tween 80	1.0	กรัม
	di-Ammonium hydrogen citrate	2.0	กรัม
	Sodium acetate	5.0	กรัม
	Magnesium sulfate	0.2	กรัม
	Manganese sulfate	0.04	กรัม
	Calcium carbonate	5.0	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (auto clave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

3. Mueller Hinton Broth (MHB)

ประกอบด้วย	Beef infusion solid	2.0	กรัม
	Casein hydrolyses	15.0	กรัม
	Starch powder	1.5	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (auto clave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

4. Mueller Hinton Agar (MHA)

ประกอบด้วย	Beef infusion solid	2.0	กรัม
	Casein hydrolyses	15.0	กรัม
	Starch powder	1.5	กรัม
	Agar	15	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (auto clave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

5. Plate count agar (PCA)

ประกอบด้วย	Peptone from casein	5.0	กรัม
	Yeast extract	2.5	กรัม
	D(+)-Glucose	1.0	กรัม
	Agar-Agar	14.0	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7.0 ± 0.2 จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (auto clave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Baird-Parker agar (BP)

ประกอบด้วย	Peptone from casein	10.0	กรัม
	Meat extract	5.0	กรัม
	Yeast extract	1.0	กรัม
	Sodium pyruvate	10.0	กรัม
	Glycine	12.0	กรัม
	Lithium chloride	5.0	กรัม
	Agar-agar	15.0	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 950 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 6.8 ± 0.2 จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

การเตรียม egg yolk solution

(i) นำไข่ไก่สดมาล้างเปลือกให้สะอาด จากนั้นนำไปแช่ใน 70% ethyl alcohol เป็นเวลา 15 นาที

(ii) นำไข่ไก่มาวางในบีกเกอร์ที่มีกระดาษกรองรองปลอดเชื้อ ทิ้งไว้ให้แอลกอฮอล์ระเหย

(iii) ตอกไข่ไก่ในตู้ปลอดเชื้อ ทำการแยกไข่ขาวออกให้หมดโดยเทคนิคปลอดเชื้อ แยกส่วนที่เป็นไข่แดงลงในบีกเกอร์ปลอดเชื้อ เติมน้ำแข็งลงในตูเรนขนาดปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่มีน้ำเกลือ 0.85% ที่ผ่านการฆ่าเชื้ออยู่ 140 มิลลิลิตร ใส่ไข่แดงจนมีปริมาตร 200 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

การเตรียม 1% potassium tellurite (PT)

(i) ชั่ง Potassium tellurite 1 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์แก้ว ใส่น้ำกลั่นทำการคนจนสารละลายหมด แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร

(ii) นำ Potassium tellurite ที่ปรับปริมาตรแล้ว ทำให้สารละลายปลอดเชื้อโดยการกรองด้วยกระดาษกรองปลอดเชื้อใส่ลงในขวดตูเรนปลอดเชื้อ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การผสม egg yolk-tellurite emulsion

(i) นำ 1% Potassium tellurite ที่เตรียมไว้ปริมาตร 40 มิลลิลิตร (ใช้กระบอกตวงปลอดเชื้อ) ผสมกับ egg yolk solution ที่เตรียมไว้

(ii) ทำการเขย่าให้เข้ากันจะได้ egg yolk tellurite 240 มิลลิลิตร เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

การเตรียม Baird-Parker medium

(i) เตรียมอาหาร Baird-Parker agar 285 มิลลิลิตร นำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมวิทยาศาสตร์สาธารณสุข ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ii) นำขวดอาหารไปแช่ในอ่างปรับอุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส เมื่ออาหารเลี้ยงเชื้อเย็นลงเติม egg yolk tellurite ลงในขวดอาหาร 15 มิลลิลิตร

7. Tryptic Soy Broth (TSB)

ประกอบด้วย	Peptone from casein	17.0	กรัม
	Peptone from soymeal	3.0	กรัม
	D(+)-Glucose	2.5	กรัม
	Sodium chloride	5.0	กรัม
	di-potassium hydrogen phosphate	2.5	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7.3 ± 0.2 จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งมาเชื้อ (auto clamp) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

8. Tryptic Soy Agar (TSA)

ประกอบด้วย	Peptone from casein	17.0	กรัม
	Peptone from soymeal	3.0	กรัม
	D(+)-Glucose	2.5	กรัม
	Sodium chloride	5.0	กรัม
	di-potassium hydrogen phosphate	2.5	กรัม
	Agar	15.0	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7.3 ± 0.2 จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งมาเชื้อ (auto clamp) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

9. Tetrathionate broth (TTB)

ประกอบด้วย	Peptone from casein	2.5	กรัม
	Peptone from meat	2.5	กรัม
	Bile salt mixture	1.0	กรัม
	Calcium carbonate	10.0	กรัม
	Sodium thiosulfate	30.0	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นที่ปลอดจุลินทรีย์ 1000 มิลลิลิตร จากนั้นสารละลายไอโอดีน โพแทสเซียม ไอโอไดน์ (iodine potassium iodine solution) 20 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Selenite cysteine broth (SCB)

ประกอบด้วย	Peptone from casein	5.0	กรัม
	Cystine	0.01	กรัม
	Lactose	4.0	กรัม
	Phosphate buffer	10.0	กรัม
	Sodium hydrogen selenite	4.0	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นที่ทำให้ปลอดจุลินทรีย์แล้ว 1000 มิลลิลิตร นำไปทำการละลายด้วยการต้มหรือใช้ไมโครเวฟ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7.0 ± 0.2 ห้ามนำอาหารไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ

11. Xylose lysine deoxycholate agar (XLD agar)

ประกอบด้วย	Yeast extract	3.0	กรัม
	Sodium chloride	5.0	กรัม
	D(+)-Xylose	3.75	กรัม
	Lactose	7.5	กรัม
	Sucrose	7.5	กรัม
	L(+)-Lysine	5.0	กรัม
	Sodium deoxycholate	1.0	กรัม
	Sodium thiosulfate	6.8	กรัม
	Ammonium iron(III)-citrate	0.8	กรัม
	Phenol red	0.08	กรัม
	Agar-agar	14.5	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นที่ทำให้ปลอดจุลินทรีย์แล้ว 1000 มิลลิลิตร นำไปทำการละลายด้วยการต้มหรือใช้ไมโครเวฟ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7.4 ± 0.2 ห้ามนำอาหารไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ

12. SS agar

ประกอบด้วย	Peptone	10.0	กรัม
	Lactose	10.0	กรัม
	Ox bile, dried	8.5	กรัม
	Sodium citrate	10.0	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรที่ศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
Sodium thiosulfate 8.5 ให้น้ำ 8.5 กรัม ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ammonium (III) citrate	1.0	กรัม
Brilliant green	0.0003	กรัม
Neutral red	0.025	กรัม
Agar-agar	12.0	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นที่ทำให้ปลอดจุลินทรีย์แล้ว 1000 มิลลิลิตร นำไปทำการละลายด้วยการต้มหรือใช้ไมโครเวฟ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7.0 ± 0.2 ห้ามนำอาหารไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ

13. Triple sugar iron agar (TSI agar)

ประกอบด้วย	Peptone from casein	15.0	กรัม
	Peptone from meat	5.0	กรัม
	Meat extract	3.0	กรัม
	Yeast extract	3.0	กรัม
	Sodium chloride	5.0	กรัม
	Lactose	10.0	กรัม
	Sucrose	10.0	กรัม
	D(+)-Glucose	1.0	กรัม
	Ammonium iron (III) citrate	0.5	กรัม
	Sodium thiosulfate	0.5	กรัม
	Phenol red	0.024	กรัม
	Agar-agar	12.0	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร นำไปทำการละลายด้วยการต้มหรือใช้ไมโครเวฟแล้วใส่ในหลอดทดลอง ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7.4 ± 0.2 จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที จากนั้นนำมาวางเย็นให้เย็น

14. Lysine-Indole-Motility medium (LIM)

ประกอบด้วย	Peptone	10.0	กรัม
	Pancreatic Digest of Casein	10.0	กรัม
	Yeast extract	3.0	กรัม
	L-lysine HCl	10.0	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ferric Ammonium Citrate	0.5	กรัม
Bromcresol Purple	0.02	กรัม
Agar	2.0	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร นำไปทำการละลายด้วยการต้มหรือใช้ไมโครเวฟ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 6.6 ± 0.2 จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

15. Malt agar

ประกอบด้วย	Malt	30.0	กรัม
	Agar	15.0	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที เติมกรดแลคติก (ความเข้มข้น 85%) ปริมาตร 360 ไมโครลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.5

16. Lauryl Sulfate broth (LST)

ประกอบด้วย	Tryptose	20.0	กรัม
	Lactose	5.0	กรัม
	Sodium chloride	5.0	กรัม
	Lauryl sulfate sodium salt	0.1	กรัม
	di-Potassium hydrogen phosphate	2.75	กรัม
	Potassium dihydrogen phosphate	2.75	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 6.8 ± 0.2 จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

17. Brilliant-green bile lactose broth (BGLB)

ประกอบด้วย	Peptone from meat	10.0	กรัม
	Lactose	10.0	กรัม
	Ox bile, dried	20.0	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ Brilliant green 0.0133 กรัม ช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็น 7.2 ± 0.2 แล้วนำไปใส่ในหลอดทดลองที่มีหลอดดักแก๊ส จากนั้นนำไปทำให้ปลอด จุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (auto clave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อ ตารางนิ้ว นาน 15 นาที

18. EC broth

ประกอบด้วย	Peptone from casein	20.0	กรัม
	Lactose	5.0	กรัม
	Bile salt mixture	1.5	กรัม
	Sodium chloride	5.0	กรัม
	di-Potassium hydrogen phosphate	4.0	กรัม
	Kaliumdihydrogenphosphat	1.5	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็น 6.9 ± 0.2 แล้วนำไปใส่ในหลอดทดลองที่มีหลอดดักแก๊ส จากนั้นนำไปทำให้ปลอด จุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (auto clave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อ ตารางนิ้ว นาน 15 นาที

19. Eosin Methylene Blue agar (EMB agar)

ประกอบด้วย	Peptone	10.0	กรัม
	di-Kaliumhydrogenphosphat	2.0	กรัม
	Lactose	5.0	กรัม
	Saccharose	5.0	กรัม
	Eosin gelblich	0.4	กรัม
	Methylene blue	0.07	กรัม
	Agar-Agar	13.5	กรัม

วิธีการเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร นำไปทำการละลายด้วยการต้มหรือใช้ไมโครเวฟ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7.1 ± 0.2 จากนั้นนำไปทำให้ปลอด จุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (auto clave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อ ตารางนิ้ว นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. Methyl-red VOGES-PROSKAUER broth (MR-VP)

ประกอบด้วย	Peptone from meat	7.0	กรัม
	D(+)-Glucose	5.0	กรัม
	Phosphate buffer	5.0	กรัม

วิธีเตรียม ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร นำไปทำการละลายด้วยการต้ม ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 6.9 ± 0.2 จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (auto clave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางวิเคราะห์จุลินทรีย์ และค่าองศาของสี

ตารางภาคผนวกที่ ค 1 ค่า Most probable numbers (MPN) ต่อตัวอย่าง 1 กรัม โดยใช้ตัวอย่าง 3 ระดับ คือ 0.1, 0.01, 0.001 กรัม

Combination of Positive	MPN	Combination of Positive	MPN	Combination of Positive	MPN
0-0-0	<3	1-1-2	15	2-3-0	29
0-0-1	3	1-1-3	19	2-3-1	36
0-0-2	6	1-2-0	11	2-3-2	44
0-0-3	9	1-2-1	15	2-3-3	53
0-1-0	3	1-2-2	20	3-0-0	23
0-1-1	6.1	1-2-3	24	3-0-1	39
0-1-2	9.2	1-3-0	16	3-0-2	64
0-1-3	12	1-3-1	20	3-0-3	95
0-2-0	6.2	1-3-2	24	3-1-0	43
0-2-1	9.2	1-3-3	29	3-1-1	75
0-2-2	12	2-0-0	9	3-1-2	120
0-2-3	16	2-0-1	14	3-1-3	160
0-3-0	9.4	2-0-2	20	3-2-0	93
0-3-1	13	2-0-3	26	3-2-1	150
0-3-2	16	2-1-0	15	3-2-2	210
0-3-3	19	2-1-1	20	3-2-3	290
1-0-0	3.6	2-1-2	27	3-3-0	240
1-0-1	7.2	2-1-3	34	3-3-1	460
1-0-2	11	2-2-0	21	3-3-2	1,100
1-0-3	15	2-2-1	28	3-3-3	>2,400
1-1-0	7.3	2-2-2	35		
1-1-1	11	2-2-3	42		

ที่มา : ดัดแปลงจาก AOAC (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 การจำแนกเชื้อ *E. coli* โดยวิธีทางชีวเคมี (IMViC test)

Type	Indole	MR	VP	Citrate
Typical <i>E. coli</i>	+	+	-	-
Atypical <i>E. coli</i>	-	+	-	-
Typical Intermediate	+	+	-	+
Atypical Intermediate	-	+	-	+
Typical Enterobacter aerogenes	-	-	+	+
Atypical Enterobacter aerogenes	+	-	+	+

ที่มา : คัดแปลงจาก AOAC (2005)

ตารางภาคผนวกที่ 3 การตรวจผลของเชื้อ *Salmonella* spp. โดยวิธีทางชีวเคมี

Slant	Butt	TSI		Gas	Lysine	Indole	Motile
		H ₂ S	+				
K	A	+	+	+/-	+	-	+/-

K = การเกิด alkaline โดยบริเวณปลายหลอด (slant) ของอาหาร TSI จะมีสีชมพู บานเย็น-แดง

A = การเกิด Acid บริเวณก้นหลอด (butt) ของ TSI จะมีสีเหลือง

H₂S(+) = ภายในหลอดอาหาร TSI เกิดตะกอนสีดำของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่ง *Salmonella* spp. ส่วนใหญ่จะให้ผล +

H₂S(-) = ภายในหลอดอาหาร TSI ไม่เกิดตะกอนสีดำของไฮโดรเจนซัลไฟด์

Gas (+) = มีฟองอากาศดันวุ้นของอาหาร TSI เนื่องจาก *Salmonella* spp. ส่วนใหญ่สามารถหมักย่อยน้ำตาลกลูโคสแล้วได้กรดและแก๊สเพียงเล็กน้อย

Gas (-) = ภายในหลอดอาหาร ไม่มีฟองอากาศดันวุ้นของ TSI

Lysine (+) = หลอดอาหารจะมีสีม่วงทั้งหลอดเนื่องจากเชื้อ *Salmonella* spp. มีเอนไซม์ Lysine decarboxylase ไปย่อย Lysine ทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวมีความเป็นด่างมากขึ้น มีผลทำให้ Brom cresol purple ซึ่งใช้เป็น Indicator ในอาหารดังกล่าวและมีค่าความเป็นกรดต่างต่ำ เป็นกลาง มีสีม่วงเข้มขึ้นซึ่ง *Salmonella* spp. จะมีเอนไซม์นี้

Lysine (-) = หลอดอาหารจะมีสีเหลืองเนื่องจากเชื้อ *Salmonella* spp. มีเอนไซม์ Lysine decarboxylase ไปย่อย Lysine ทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวมีความเป็นด่างต่ำมากขึ้น มีผลทำให้ Brom cresol purple เปลี่ยนเป็นสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Indole (+) = อาหารเลี้ยงเชื้อจะมีสีแดงบนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อหลังหยดน้ำยา Kovac ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ

Indole (-) = อาหารเลี้ยงเชื้อ ไม่เกิดสีแดงบนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อหลังหยดน้ำยา Kovac ซึ่ง *Salmonella* spp. ไม่มีเอนไซม์ tryptophanase จึงไม่เกิดปฏิกิริยากับ Kovac

Motile (+) = หลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ LIM จะขุ่นทั้งหลอด ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อ *Salmonella* spp. ส่วนมากจะมีแฟลกเจลลาในการเคลื่อนที่ ดังนั้น เมื่อทำการ Stab เชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อจะเกิดการเคลื่อนที่จากรอย Stab ไปทุกทิศทุกทางจึงทำให้หลอดขุ่น

Motile (-) = หลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ LIM จะมีการเจริญบริเวณรอย Stab เท่านั้น ส่วนบริเวณอาหารรอบรอย Stab จะใส ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อไม่มีแฟลกเจลลาในการเคลื่อนที่ เชื้อจึงเจริญบริเวณรอย Stab เท่านั้น

การอ่านค่าของสี มีรายละเอียด ดังนี้

L^* = The lightness factor (value)

ค่า L^* แสดงค่าความสว่าง

- วัดภูมิสีขาวเมื่อมีค่าเท่ากับ 100

- วัดภูมิสีดำเมื่อมีค่าเท่ากับ 0

a^* , b^* = The Chromaticity coordinates (Hue, Chroma)

ค่า a^* - มีค่าบวก หมายถึง วัดภูมิสีแดง

- มีค่าลบ หมายถึง วัดภูมิสีเขียว

ค่า b^* - มีค่าบวก หมายถึง วัดภูมิสีเหลือง

- มีค่าลบ หมายถึง วัดภูมิสีน้ำเงิน

ทั้ง a^* และ b^* หากมีค่าเป็นศูนย์ หมายถึง วัดภูมิสีเทา

ค่า Chroma - มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัดภูมิสีซีดจาง (เทา)

- มีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึง วัดภูมิสีเข้ม

⋮

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ๓ ๔ ค่า Hue angle แสดงช่วงสีของวัดอุมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา คือ

ช่วงสี (องศา)	แสดงสี
0-45	สีม่วงแดงถึงสีส้มแดง
45-90	สีส้มแดงถึงสีเหลือง
90-135	สีเหลืองถึงเหลืองเขียว
135-180	สีเหลืองเขียวถึงเขียว
180-225	สีเขียวถึงสีน้ำเงิน
225-270	สีน้ำเงินเขียวถึงน้ำเงิน
270-315	สีน้ำเงินถึงม่วง
315-360	สีม่วงถึงม่วงแดง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแข็ง

วันที่.....

ลำดับที่.....

ตอนที่ 1 รายละเอียดของผู้ประเมิน

1.1 เพศ ชาย หญิง

1.2 กรุณาระบุช่วงอายุของท่าน

 ต่ำกว่า 20 ปี 20-35 ปี 36-50 ปี สูงกว่า 50 ปี1.3 รายได้ของท่านต่อเดือน น้อยกว่า 5,000 บาท 5,001-15,000 บาท 15,001-25,000 บาท มากกว่า 25,000 บาท1.4 อาชีพ นักเรียน นักศึกษา รัฐบาล พนักงานของรัฐ บริษัทเอกชน ทำงานส่วนตัว อื่นๆ โปรดระบุ.....

คุณชอบรับประทานหมูหวานหรือไม่

 ไม่ชอบมาก ไม่ชอบ ไม่ค่อยชอบ เฉยๆ ค่อนข้างชอบ ชอบ ชอบมาก

คุณชอบรับประทานหมูแดดเดียวหรือไม่

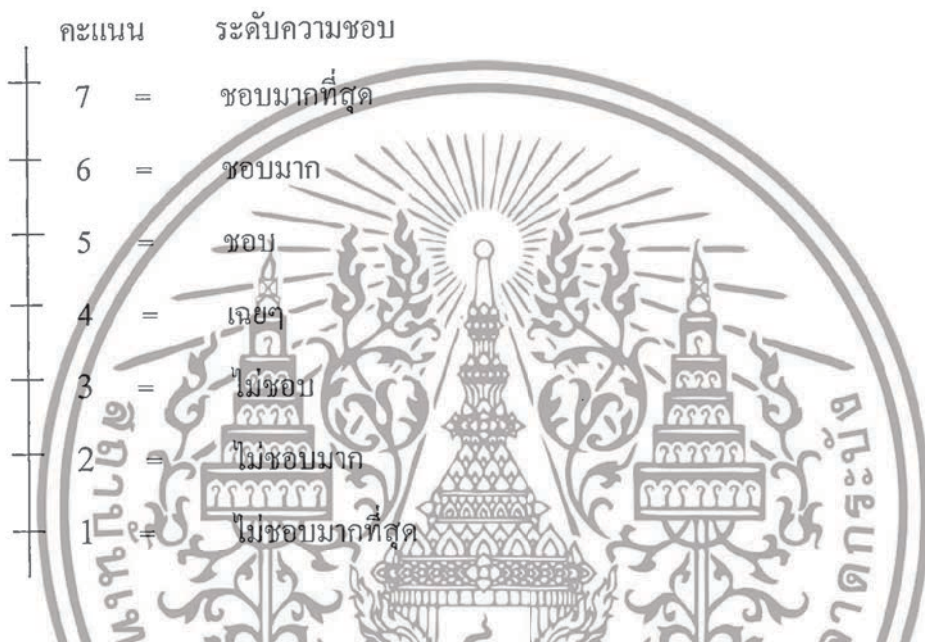
 ไม่ชอบมาก ไม่ชอบ ไม่ค่อยชอบ เฉยๆ ค่อนข้างชอบ ชอบ ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๕ กรุณากลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก

๕ ก่อนชิมตัวอย่างถัดไป กรุณาทานแครกเกอร์เล็กน้อย ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อย (ท่านสามารถบ้วนทิ้งลงในถ้วยสูงที่เตรียมไว้ให้)

ตอนที่ 2 กรุณาให้คะแนนระดับความชอบของท่าน (จาก 1 ถึง 7 คะแนน) ที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ท่านกำลังทดสอบชิมทีละตัวอย่าง โดยกรอกคะแนนลงให้ตรงกับรหัสตัวอย่างในตารางด้านล่าง



ลักษณะของผลิตภัณฑ์	รหัสผลิตภัณฑ์				
ลักษณะปรากฏโดยรวม					
สี					
กลิ่น					
เนื้อสัมผัส (ความยากง่ายในการกัดและเคี้ยวเพื่อกลืน)					
รสชาติ					
ความหวาน					
คุณภาพโดยรวม					

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น **ขอบคุณที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า 😊**
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุภาพรรณ ศฤงฆาร
วัน เดือน ปีเกิด	29 เมษายน พ.ศ. 2527
ที่อยู่	144/3 ม. 5 ต. พระหลวง อ.สูงเม่น จ.แพร่ 54130
ประวัติการศึกษา	2545 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสูงเม่นชนูปถัมภ์ 2550 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2559 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ และประมง สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	สุภาพรรณ ศฤงฆาร และ คมแข พิลาสมบัติ. 2557. “ผลของสภาวะการ บรรจุต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน” หน้า 1-7. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเมื่อสัตว์ ครั้งที่ 5. คณะเทคโนโลยีการเกษตร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ทุนวิจัยที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีการศึกษา 2558 คณะ เทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้