ผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

EFFECT OF GLYCEROL ON QUALITY OF SEMI-DRIED NHAM PROCESSED FROM CULLING SOW

ธนาภา เชตวัน
THANAPA CHETAWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AG-M-031-206

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

EFFECT OF GLYCEROL ON QUALITY OF SEMI-DRIED NHAM PROCESSED FROM CULLING SOW

ธนาภา เชตวัน

THANAPA CHETAWAN

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148312
วัน.เดือน.ปี 24 มิ.ย. 2560

.b.....
.l.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AG-M-031-206

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF GLYCEROL ON QUALITY OF SEMI-DRIED NHAM PROCESSED FROM CULLING SOW

THANAPA CHETAWAN

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-031-206

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

Effect of Glycerol on Quality of Semi-Dried Nham Processed from Culling Sow

นักศึกษา นางสาวธนาภา เชตวัน

รหัสประจำตัว 57604041

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.คมแข พิลาสมบัติ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ผุสดี	ตังวัชรินทร์	
ผศ.ดร.ศศิธร	นาคทอง	
ผศ.ดร.คมแข	พิลาสมบัติ	
รศ.ดร.รณชัย	สิทธิไกรพงษ์	
ดร.ศุภลักษณ์	สรภักดี	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 25 ธันวาคม 2558

สถานที่สอบ ห้องประชุมคณะเทคโนโลยีการเกษตร (ชั้น 1 ตึกบุนนาค L)

คณบดีรับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล แก่นมณี)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ 1 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง
นักศึกษา	นางสาวธนาภา เชตวัน
รหัสประจำตัว	57604041
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. คมแข พิลาสมบัติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร. ศุภลักษณ์ สรภักดี

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือศึกษาการผลของการเติมกลีเซอรอลความเข้มข้น 3 ระดับได้แก่ร้อยละ 0, 5 และ 10 ต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง โดยศึกษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของผลิตภัณฑ์ จากผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง พบว่าการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี เนื่องจากสามารถปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้มีความนุ่มขึ้น โดยมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าทุกกลุ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการนำไปรับประทาน เนื่องจากตรวจพบแบคทีเรียก่อโรคต่ำกว่าค่าที่ตรวจนับได้ (1 log cfu/g) นอกจากนี้พบว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และลักษณะโดยรวม สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งโดยศึกษาการมีชีวิตรอดของแบคทีเรียก่อโรคพบว่าตรวจพบแบคทีเรียก่อโรค ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (< 1 log cfu/g) ในทุกกลุ่มการทดลอง หมายความว่าผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยในการนำไปรับประทาน

เมื่อนำผลิตภัณฑ์สูตรที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มาศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือนในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกันได้แก่ บรรจุแบบสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีคุณภาพด้านต่างๆ ใกล้เคียงกัน เว้นแต่ค่าการออกซิเดชันของไขมัน โดยพบว่า ณ วันที่ 15-75 ของการเก็บรักษาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรจุแบบสุญญากาศนั้นมีค่าการออกซิเดชันของไขมันสูงกว่าการบรรจุแบบมีอากาศภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่การบรรจุแบบสุญญากาศมีข้อดีคือทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวของแหนมมากกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) นอกจากนี้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษามีค่าต่ำกว่า 0.85 ซึ่งทำให้ตรวจพบแบคทีเรียก่อโรคต่ำกว่าค่าที่ตรวจวัดได้ อย่างไรก็ตามพบว่าบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบผู้บริโภคสามารถยอมรับจนถึงวันที่ 45 ของการเก็บรักษา เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืน โดยมีค่าการออกซิเดชันของไขมันสูงกว่าวันแรกของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งเป็นผลิตภัณฑ์มีโปรตีนและพลังงานสูง ในขณะที่มีปริมาณไขมันต่ำ จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effect of glycerol on quality of semi-dried Nham processed from culling sow
Student	Miss Thanapa Chetawan
Student ID.	57604041
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2016
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Komkhae Pilasombut
Thesis Co-advisor	Dr. Supaluk Sorapukdee

ABSTRACT

The objective of this investigation was to study effect of glycerol at different concentration on quality of semi-dried Nham processed from culling sow. The experiment was assigned as 3 treatments: adding 0, 5 and 10% (v/w) glycerol to Nham. Quality, safety, shelf-life and proximate analysis of this product were performed. The resulted showed that the best qualities of semi-dried Nham processed from culling sow were obtained in 10% (v/w) glycerol adding in product. The texture of product was softer, so the shear force value was significantly lower ($P<0.05$) than control group. This result also showed the softness of product texture. The product was safe from pathogenic bacteria. Moreover, the sensory score with 10% (v/w) glycerol was higher than control group in appearance, texture, flavor and overall qualities. Determination of microbiological contamination in semi-dried Nham processed from culling sow. Using of high temperature can inhibit the growth of pathogenic bacteria and make product free from pathogen.

Study the shelf-life of 10% (v/w) glycerol adding to product for 3 months in different types of packaging: vacuum packaging and heat sealed with oxygen absorber. The result showed that properties of product with different packaging was not significantly different ($P>0.05$). However, in the 15-75 days of shelf-life TBARs value of vacuum packaging was higher than heat sealed with oxygen absorber ($P<0.05$) and also the taste of the product was sourer than heat sealed packaging ($P<0.05$). The water activity was lower than 0.85, therefore the product was free from pathogenic bacteria. Nevertheless, the customer accepted the product until 45 days of shelf-life due to the TBARs value of product at 45 days of shelf-life was significantly lower ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

than the product at first day of shelf-life. The chemical composition of the product was higher in protein and energy. The fat in product was low. As a result of this, semi-dried Nham processed from culling sow is the good alternative choice for customer who lives healthily.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีโดยได้รับความกรุณาจากท่าน ผศ.ดร. คมแข พิลาสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. ศุภลักษณ์ สรภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความรู้ และคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยแก่ข้าพเจ้า รวมถึงให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้ข้าพเจ้าแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ให้งบประมาณในการทำการวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ดร. รุจริน ลิ้มศุภวานิช ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ข้าพเจ้าในการทดสอบทางประสาทสัมผัส ขอขอบคุณ คุณอังคณา ทุมดี และคุณเฉลิมชัย ทิพยัค ที่ช่วยเหลือในการปฏิบัติงานรวมทั้งให้คำแนะนำแก่ข้าพเจ้าในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และบุคคลต่างๆ ในคณะเทคโนโลยีการเกษตรที่คอยช่วยเหลือ และคอยเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้า ที่เป็นกำลังใจสำคัญต่อข้าพเจ้า และคอยให้คำแนะนำ รวมถึงการสนับสนุนในด้านต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านตลอดจนผู้ที่สามารถนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

นางสาวธนาภา เชตวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง X

สารบัญภาพ XII

บทที่1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สถานที่ดำเนินการ 3

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 3

1.5 ระยะเวลาของการศึกษา 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก 4

2.1.1 ชนิดของผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก 4

2.2 ลักษณะทั่วไปของแหนม 6

2.2.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของแหนม (มผช.) 6

2.3 บทบาทของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์แหนม 7

2.3.1 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในผลิตภัณฑ์แหนม 7

2.3.2 แบคทีเรียก่อโรคที่พบในผลิตภัณฑ์แหนม 11

2.4 ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง 17

2.4.1 ปัญหาที่พบจากการอบแห้ง 18

2.4.2 ผลกระทบของการอบแห้งต่ออาหาร 19

2.5 การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้ง 20

2.5.1 การใช้สารฮิวเมกเตนท์ในอุตสาหกรรมอาหาร 20

2.5.2 ชนิดของสารฮิวเมกเตนท์ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.3 การนำสารฮิวเมกเตนท์มาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง....26
2.6 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง
ในระหว่างการเก็บรักษา....27
2.7.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ....27
2.7.2 การเปลี่ยนแปลงและการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์....29
2.7 มาตรฐานผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง....30

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย....33
3.1 วัตถุดิบเนื้อแม่สุกรปลดระวาง....33
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ....33
3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี....34
3.4 วิธีดำเนินงานวิจัย....35
3.4.1 วิธีการเตรียมตัวอย่าง....35
3.5 ขั้นตอนการศึกษาและการเก็บข้อมูล....37
3.5.1 ศึกษาการใช้กลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์และ
ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง
ในระหว่างกระบวนการหมักแหนมและภายหลังจากการอบแห้ง....37
3.5.2 ศึกษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง....44
3.5.3 ศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อ
แม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน....46
3.5.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการของ
ผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง....49
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ....49

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง....50
4.1 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และ
ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง
ในระหว่างกระบวนการหมักแหนมและภายหลังจากการนำไปอบแห้ง....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพ ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างกระบวนการหมัก 50

4.1.2 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างกระบวนการหมัก 58

4.1.3 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพ ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง 61

4.1.4 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง 66

4.1.5 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง.....67

4.2 ผลการศึกษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง68

4.2.1 ผลของการศึกษาความอยู่รอดของเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง 68

4.2.2 ผลของการศึกษาความอยู่รอดของเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* sp. ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง 69

4.3 ผลของการศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน 71

4.3.1 ผลของการศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง.....71

4.3.2 ผลการทดลองด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษา.....81

4.3.3 ผลในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษา 83

4.4 ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง.....88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 90
5.1 สรุปผลการวิจัย 90
5.2 ข้อเสนอแนะ 90

บรรณานุกรม 91

ภาคผนวก 102
ภาคผนวก ก 103
ภาคผนวก ข 106
ภาคผนวก ค 110
ภาคผนวก ง 112

ประวัติผู้เขียน 115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง 51

4.2 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง 54

4.3 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าสีในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง 55

4.4 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อจำนวนจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง 59

4.5 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังจากการอบแห้ง 62

4.6 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา และเชื้อ *S. aureus* ภายหลังการอบ 67

4.7 ผลของกลีเซอรอลต่อคะแนนการประเมินความชอบของคุณภาพผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง 68

4.8 ผลของกลีเซอรอลต่อจำนวนเชื้อ *S. aureus* ที่มีชีวิตรอดในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง 69

4.9 ผลของกลีเซอรอลต่อจำนวนเชื้อ *E. coli* ที่มีชีวิตรอดในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง 70

4.10 ผลของกลีเซอรอลต่อจำนวนเชื้อ *Salmonella* sp. ที่มีชีวิตรอด ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง 71

4.11 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน 72

4.12 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน 73

4.13 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน 74

4.14 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.15 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน 76
4.16 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความสดใส ค่าองศาของสี และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน 78
4.17 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวาง กึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะที่แตกต่างกัน 82
4.18 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อจำนวนเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะที่แตกต่างกัน 83
4.19 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อจำนวนเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะที่แตกต่างกัน 83
4.20 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อการประเมินความชอบของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะที่แตกต่างกัน 87
4.21 ผลของกลีเซอรอลต่อองค์ประกอบทางเคมี และพลังงานจากการคำนวณต่อหนึ่งร้อยกรัมของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 การหมักของน้ำตาลกลูโคสโดยแบคทีเรียกรดแลคติก....10
2.2 สารฮิวเมกเตนท์ชนิดไม่มีขั้วที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร....21
2.3 สูตรโครงสร้างของกลีเซอรอล....23
3.1 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง....36
4.1 รูปแบบของโปรตีนที่ผ่านการแยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE....57
4.2 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง....64
4.3 ผลของกลีเซอลรอลต่อค่าไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำ ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง....66
4.4 ผลของอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งต่อการออกซิเดชั่นของไขมันโดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs)....80
4.5 รูปแบบของโปรตีนที่ผ่านการแยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง....81
4.6 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสแบบวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แหนมเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักของไทยที่มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ในแถบยุโรปเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันต่ำ ใช้ระยะเวลาในการหมักค่อนข้างสั้น และใช้แบคทีเรียกรดแลกติกในการผลิต โดยผลิตจากเนื้อสุกรบดละเอียด หนังสุกร ข้าวสุก กระเทียม และส่วนผสมอื่นๆ คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วนำมาบรรจุลงในถุงพลาสติก อาจมีการห่อทับด้วยใบตอง และทำการหมักแบบธรรมชาติ 3-5 วัน ทำให้กระบวนการหมัก (fermentation) เกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยแบคทีเรียกรดแลกติก จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 4.5 มีกลิ่นรสเปรี้ยว และมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.77-1.60 (Pringsulaka *et al.* 2010 ; Visessanguan *et al.* 2005) ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักชนิดนี้ได้พัฒนาเต็มรูปแบบในเชิงพาณิชย์ แต่เทคโนโลยีของการหมักนั้นยังคงเกิดจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์โดยไม่ได้มีการเติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่พบในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักของไทยได้แก่ Lactobacilli, Pediococci และ Micrococci (Noonpakdee *et al.* 2003) การหมักนั้นเป็นเทคนิคที่ใช้ในการถนอมอาหารที่เก่าแก่ ซึ่งไม่ใช่แค่การยืดอายุการเก็บรักษาเท่านั้นแต่ยังช่วยเพิ่มคุณภาพด้านกลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้แหนมยังเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักแบบไทยที่ได้รับความนิยมสูง (Visessanguan *et al.* 2006) จากข้อมูลการผลิตสุกรในปี 2555 ประเทศไทยมีการผลิตสุกรรวม 10,978,834 ตัว คิดเป็นสุกรแม่พันธุ์ร้อยละ 9.88 หรือ 1,084,305 ตัว (กรมปศุสัตว์. 2555) ซึ่งสุกรแม่พันธุ์เหล่านี้เมื่อมีอายุประมาณ 2-3 ปี หรือให้ลูกสุกรได้ประมาณ 6 ครอก (สมโภชน์ ทับเจริญ. 2550) จะถูกปลดระวางจากการทำแม่พันธุ์ และถูกส่งเข้าโรงฆ่าเพื่อชำแหละซาก และนำเนื้อแม่สุกรปลดระวางมาใช้ประโยชน์ จากข้อมูลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำให้เห็นว่ามีเนื้อแม่สุกรปลดระวางในปริมาณที่มากพอสมควร ซึ่งเนื้อสัตว์เหล่านี้มีลักษณะเนื้อที่เหนียว มีเส้นใยกล้ามเนื้อที่หยาบกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อย ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จึงมีการจำหน่ายในราคาที่ต่ำ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำเนื้อสัตว์ที่มีลักษณะเหนียวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง โดยมีกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ซับซ้อน เนื่องจากปัญหาที่ว่าแหนมที่ถูกผลิตขึ้นภายใต้สภาวะที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ มีโอกาสปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรค ตัวอย่างเช่น *Salmonella* spp., *S. aureus* และ *Listeria monocytogenes* ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคที่พบบ่อยในแหนมที่มีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 4.6 (Kingcha *et al.* 2011) นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าแหนมที่จำหน่ายในท้องตลาดพบการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคซึ่งไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการผลิตแหนมให้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความปลอดภัยในต่อการบริโภคโดยการนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง โดยหมักให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.6 ก่อน ตามด้วยกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผ่านการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology) ด้วยกระบวนการหมัก ร่วมกับการทำแห้ง (dehydration) อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงทำให้ส่งผลเสียต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์คือ ทำให้มีลักษณะแห้งและแข็งกระด้าง ซึ่งการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์หลังการอบที่แห้งและเปราะเกินไป สามารถทำได้โดยการควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในผลิตภัณฑ์โดยการปรับความชื้นด้วยการเติมสารในกลุ่มฮิวเมกเตนท์ (Humactant) เพื่อปรับปรุงความนุ่มของผลิตภัณฑ์ โดยใช้สารฮิวเมกเตนท์ที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้แก่ กลีซอรอล และซอร์บิทอล ซึ่งเป็นสารที่เติมลงไปเพื่อจับกับน้ำ และควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แห้งและแข็งกระด้างหลังการกำจัดน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยกรรมวิธีการอบแห้ง (Varnam. 1995 ; Chen *et al*. 2000) ซึ่งมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาผลของการเติมสารฮิวเมกเตนท์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ กลีเซอรอลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งชนิดแล่เป็นชิ้นบาง โดย Guilbert *et al.* (1981) พบว่าการเติมกลีเซอรอลที่ปริมาณร้อยละ 5 จะให้ผลในการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ Kim *et al.* (1989) กล่าวว่าการเติมกลีเซอรอลจะช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ และความชื้นในผลิตภัณฑ์ของเนื้อสัตว์กึ่งแห้งได้โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและแข็งกระด้าง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้น รวมทั้งทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าในความยืดหยุ่น (springiness) และค่าการเคี้ยว (chewiness) ที่ดีขึ้นได้ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีความต้องการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งให้มีความนุ่ม (tenderness) มีความสามารถในการเคี้ยว (chewiness) ที่ดีขึ้น โดยการใช้สารฮิวเมกเตนท์ ผลิตภัณฑ์ผ่านการอบแห้งทำให้เพิ่มความปลอดภัยในการนำไปบริโภค และยังสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานานโดยไม่ต้องแช่เย็น รวมถึงมีคุณค่าทางโภชนาการด้วยเช่นกัน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้กลีเซอรอลระดับต่างๆ ต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

1.2.2 เพื่อศึกษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

1.2.3 เพื่อศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง ด้วยรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

1.2.4 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สถานที่ดำเนินงาน

1.3.1 ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์เนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3.2 ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3.3 ห้องปฏิบัติการโภชนะศาสตร์สัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างกระบวนการหมักแหนม และภายหลังจากการนำไปอบแห้ง

1.4.2 ศึกษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

1.4.3 ศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

1.4.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

1.5 ระยะเวลาการศึกษา

ใช้เวลาในการศึกษาทั้งสิ้น 1 ปี 6 เดือน เริ่มทำการศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 เสร็จสิ้นการศึกษาเดือนเมษายน พ.ศ. 2558

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งทางการค้าที่ทำจากเนื้อสัตว์ที่มีลักษณะเหนียว

1.6.2 ผู้ประกอบการสามารถนำองค์ความรู้วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งทางการค้าไปใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าจากเนื้อแม่สุกรปลดระวาง

1.6.3 สามารถตีพิมพ์และเผยแพร่งานวิจัยทั้งระดับชาติและระดับนานาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักสามารถพบได้ทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศในแถบทวีปยุโรปมีผู้ผลิตและบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อหมักในปริมาณมาก การนำเนื้อสัตว์มาทำการหมักนั้นเป็นการถนอมอาหารอย่างหนึ่ง เนื่องจากเนื้อสัตว์เป็นแหล่งสารอาหารที่อุดมไปด้วยโปรตีน ทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น หลักการของการหมักเนื้อสัตว์คือ การทำให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในผลิตภัณฑ์ลดลง โดยอาศัยการทำแห้งหรือการดึงน้ำออก และการเติมเกลือ โดยทั่วไปแล้วเกลือที่ใช้หมักเนื้อสัตว์นั้นไม่ใช่โซเดียมคลอไรด์บริสุทธิ์ แต่จะมีส่วนผสมของโพแทสเซียม หรือโซเดียมไนเตรท ซึ่งไนเตรทสามารถทำให้เกิดสีของเนื้อสัตว์ (meat color) โดยทำให้เกิดสีแดงอมชมพูในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการใช้ไนเตรทหรือไนไตรท์ โดยตรงในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก นอกจากนี้ยังมีการใช้เครื่องเทศเช่นเดียวกัน เนื่องจากมีบทบาทต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก และยังทำให้กระบวนการหมักมีความปลอดภัยโดยไปยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค และยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อหมักเพราะมีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชัน ทำให้ควบคุมการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (Campbell-platt. 1995)

2.1.1 ชนิดของผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะของเนื้อสัตว์ที่นำมาทำการผลิต ได้แก่

2.1.1.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ทำจากเนื้อสัตว์ทั้งชิ้น (fermented whole-meat products)

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักในกลุ่มนี้ได้แก่ แฮมชนิดต่างๆ ที่ผลิตจากเนื้อสุกร โดยนิยมผลิตในประเทศแถบยุโรป และอเมริกาเหนือ และพบการผลิตในประเทศแถบอเมริกาใต้ เอเชีย โอเชียเนีย และแอฟริกาด้วยเช่นกัน

แฮมเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสุกรจึงอาจพบการปนเปื้อนพยาธิต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ *Trichinella spiralis* ผลิตภัณฑ์นี้ทำจากเนื้อขาหลังของสุกรที่เลาะเอากระดูกออกแล้ว จากนั้นนำไปหมักด้วยกระบวนการทางธรรมชาติ ที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์จะถูกทาด้วยส่วนผสมของเกลือโซเดียมคลอไรด์กับโพแทสเซียมหรือโซเดียมไนเตรท และมีการเติมเครื่องเทศเพื่อช่วยปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้อาจมีการเติมน้ำตาลหรือโมลาสด้วยเช่นกัน กระบวนการหมักใช้เวลาประมาณสัปดาห์หรือเป็นเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ทำจากเนื้อสัตว์ทั้งชิ้นในแถบทวีปยุโรปได้แก่ bresaola ทำจากเนื้อโค ผลิตในประเทศอิตาลี Bundnerfleisch เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรมควัน ผลิตในประเทศสวิสเซอร์แลนด์ Pastrami เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อโค เนื้อแพะ หรือ เนื้อแกะ โดยการเติมเครื่องเทศได้แก่ ลูกจันทน์เทศ ปาปริก้า และกระเทียม จากนั้นนำไปรมควัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสูตรดั้งเดิมอยู่ในประเทศโรมานี และมีการผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา ในทวีปแถบอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ได้แก่ carne de sol ผลิตในประเทศบราซิล ในขณะที่ carne seca ผลิตในประเทศแมกซิโก และบางประเทศในอเมริกาใต้ ทั้งสองผลิตภัณฑ์นี้ส่วนมากทำจากเนื้อโค ในทวีปเอเชียมีผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกับผลิตภัณฑ์ข้างต้น ได้แก่ เนื้อเค็ม ทำจากเนื้อโค ผลิตในประเทศไทย และ bebontot ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พื้นเมืองของบาหลีประเทศอินโดนีเซีย (Campbell-platt. 1995)

2.1.1.2 ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ทำจากเนื้อบด (Chopped or comminuted fermented meats: sausage)

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักชนิดนี้มีการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยใช้วัตถุดิบเนื้อสับ หรือเนื้อบด อาจมีการเติมหรือไม่เติมวัตถุเจือปนอาหาร ซึ่งคำนิยามของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกนั้นไม่ได้หมายความว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเสมอไป ในประเทศอังกฤษพบไส้กรอกสดที่ไม่ผ่านการหมัก แต่นิยมผ่านการทำสุกก่อนการบริโภคนั้นเป็นส่วนใหญ่ ที่เรียกกันว่า frankfurter นั่นเอง ในขณะที่การผลิตไส้กรอกหมักในปัจจุบันพบมากในประเทศแถบยุโรป โดยมีกำลังการผลิตมากกว่า 1 ล้านตันต่อปี โดยเฉพาะชาวเยอรมันที่นิยมบริโภคไส้กรอกหมักมากที่สุด โดยบริโภคเฉลี่ย 5 กิโลกรัมต่อคนต่อปี (Lücke. 1985) กระบวนการผลิตไส้กรอกหมักได้แก่ การนำวัตถุดิบเนื้อสดเช่น เนื้อสุกร หรือเนื้อโคมาบดเป็นชิ้นเล็ก จากนั้นผสมด้วยส่วนผสมอื่นๆ ก่อนที่จะนำไปอัดไส้ โดยไส้บรรจุส่วนใหญ่ที่ใช้จะทำจากลำไส้ของสัตว์ วัตถุดิบที่เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ใช้ได้แก่ เกลือโซเดียมคลอไรด์ บางครั้งอาจมีการเติมไนเตรทหรือไนไตรท์ น้ำตาล และเครื่องเทศต่างๆ นอกจากไส้กรอกหมักแล้ว ผลิตภัณฑ์อื่นๆ ในกลุ่มนี้ได้แก่ ซาลามี่ซึ่งเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป (Campbell-platt. 1995)

2.1.1.3 ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ทำจากชิ้นส่วนที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ทำจากชิ้นส่วนที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ เช่น กระดูก หรือลำไส้ ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ผลิตเฉพาะในท้องถิ่น และยังไม่เป็นที่รู้จักกันในเชิงการค้า ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ไส้กรอกที่ทำจากชิ้นส่วนที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ โดยใช้กระบวนการหมักเป็นวิธีหนึ่งในการถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้พบมากในทางตะวันออกเฉียงเหนือของแอฟริกาโดยเฉพาะประเทศซูดาน (Dirar. 1992)

ผลิตภัณฑ์แหนมเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักของประเทศไทย โดยจัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ทำจากเนื้อบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลักษณะทั่วไปของแหนม

แหนมเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักแบบไทยที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ส่วนผสมของแหนมโดยทั่วไปได้แก่ เนื้อสุกรบด หนังสุกรต้มสุก เกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2-3 ข้าวสุก กระเทียม เกลือไนไตรท์ 100-125 ppm และส่วนผสมอื่นๆ ขั้นตอนการผลิตคือนำส่วนผสมต่างๆ คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วบรรจุในถุงพลาสติก อาจมีการห่อทับด้วยใบตอง โดยทั่วไปกระบวนการหมักแหนมจะใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เพียงต่อกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์แหนมที่ได้จะมีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 4.4-4.8 และมีค่าปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ที่ร้อยละ 0.77-1.60 กระบวนการหมักแหนมจะเกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีอยู่ในแหนมซึ่งมาจากวัตถุดิบเนื้อสด แสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมักแหนมนั้นเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบได้แก่แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria, LAB) ซึ่งในระหว่างกระบวนการหมักแหนมจะมีแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์ที่โดดเด่นคือ Lactobacilli (*L. plantarum, L. pentosus* และ *L. sake*) และ pediococci (*P. acidilactici* และ *P. pentosaceus*) แบคทีเรียกรดแลกติกจะผลิตกรดอินทรีย์จากคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสาเหตุให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง ทำให้เกิดกลิ่นรสเปรี้ยวซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์แหนม และยังช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอีกด้วย (Visessanguan *et al.* 2003)ในปัจจุบันผู้ประกอบการรายย่อยมักผลิตแหนมโดยทำให้เกิดกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้องในระหว่างการผลิต ระหว่างการขนส่งหรือการเก็บรักษาไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ จึงทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลต่อการเกิดลักษณะที่ไม่ต้องการ เช่น เกิดการสูญเสียน้ำ เกิดการเปลี่ยนสี และเกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตแหนมให้มีคุณภาพสม่ำเสมอนั้นสามารถทำได้โดยการใช้กล้าเชื้อจุลินทรีย์ (Jaichumjai *et al.* 2010) นอกจากนี้การใช้กล้าเชื้อจุลินทรีย์ยังสามารถลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคได้อีกทางหนึ่ง เนื่องจากการผลิตแหนมโดยกระบวนการหมักตามธรรมชาตินั้นไม่สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ประกอบกับผู้บริโภคในประเทศไทยนั้นนิยมบริโภคแหนมโดยไม่ผ่านการปรุงสุกก่อน จึงทำให้เกิดความกังวลด้านการปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรค ดังนั้นการใช้กล้าเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่เหมาะสมจึงสามารถลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคได้เพราะจะทำให้ค่าความเป็นกรดด่างในระหว่างกระบวนการหมักแหนมมีค่าต่ำกว่า 4.6 (Luxananil *et al.* 2009)

2.2.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของแหนม (มผช.)

ในประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือที่เรียกย่อๆ ว่า สมอ. เพื่อรองรับการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือระดับพื้นบ้านที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร ซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงการที่สำคัญคือส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนให้ได้รับการรับรองและแสดงเครื่องหมายการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับรอง เพื่อส่งเสริมด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ ให้เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายและสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชนทั้งในประเทศ และต่างประเทศ เน้นให้มีการพัฒนาแบบยั่งยืน ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของแหนมได้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการไว้ดังนี้

2.2.1.1 ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกัน ต้องมีรูปทรงเดียวกัน และมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน มีการกระจายตัวของส่วนประกอบที่ใช้ทำผสมกันอย่างทั่วถึง ลักษณะเนื้อแน่น ไม่มีโพรงอากาศ และมีน้ำที่เกิดจากการหมักได้เล็กน้อย

2.2.1.2 สี ต้องมีสีชมพูตามธรรมชาติของแหนม

2.2.1.3 กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมักของส่วนประกอบที่ใช้ มีรสเปรี้ยวพอเหมาะ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นเหม็น

2.2.1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องมีเนื้อแน่น ไม่ยุ่ย

2.2.1.5 สิ่งแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

2.2.1.6 วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์ห้ามใช้สีผสมอาหารทุกชนิด หากมีการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดดังต่อไปนี้ โซเดียมไนไตรท์หรือโพแทสเซียมไนไตรท์ (คำนวณเป็นโซเดียมไนไตรท์) ต้องไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือถ้าใช้ในรูปของผงเพรก (เกลือ : เกลือไนไตรท์ในสัดส่วนร้อยละ 94 : 6) ต้องไม่เกิน 2 กรัมต่อเนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัมฟอสเฟตในรูปของโมโน- ได- และโพลิของเกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันในผลิตภัณฑ์สำเร็จ (คำนวณเป็น P_2O_5 จากฟอสฟอรัสทั้งหมด) ต้องไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2.2.1.7 ค่าความเป็นกรดด่างต้องไม่เกิน 4.6

2.2.1.8 จุลินทรีย์ *Salmonella* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม *S. aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม *Clostridium perfringens* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม *Escherichia coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.2.1.9 พยาธิ *Trichinella spiralis* ในผลิตภัณฑ์ต้องตรวจไม่พบในตัวอย่าง 100 กรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546)

2.3 บทบาทของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์แหนม

2.3.1 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในผลิตภัณฑ์แหนม

2.3.1.1 กระบวนการหมัก

การหมัก (fermentation) เป็นคำที่มีรากศัพท์มาจากภาษาลาติน “fervere” แปลว่า เดือด ในครั้งแรกใช้เพื่ออธิบายลักษณะที่เกิดจากการกระทำของยีสต์ในน้ำสกัดจากผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเมล็ดข้าวมอลท์ เนื่องจากยีสต์ย่อยสลายน้ำตาลภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน ทำให้เกิดฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผุดขึ้นมาเหมือนน้ำเดือด อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนักชีวเคมีและนักจุลชีววิทยาอุตสาหกรรมได้นำคำว่าการหมักมาใช้ในความหมายที่แตกต่างกันไปบ้างในทางชีวเคมี การหมักหมายถึงการสร้างพลังงานจากกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ โดยมีสารอินทรีย์เป็นทั้งตัวให้และตัวรับอิเล็กตรอน ส่วนการหมักในทางจุลชีววิทยาอุตสาหกรรมหมายถึงกระบวนการผลิตผลผลิตใดๆ ก็ตาม ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จำนวนมาก (mass culture) ซึ่งจะครอบคลุมทั้งกระบวนการแบบใช้ และไม่ใช้ออกซิเจน ในขณะที่การหมักทางชีวเคมีจะหมายถึงเฉพาะกระบวนการแบบไม่ใช้ออกซิเจนเท่านั้น (สมใจ ศิริโภค. 2537) นอกจากนี้กระบวนการหมักนั้นเป็นการถนอมอาหารประเภทหนึ่งเกิดขึ้นโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญเติบโตสลายสารพวกคาร์โบไฮเดรตได้เป็นแอลกอฮอล์ และกรดอินทรีย์ (เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิกหรือกรดแลคติก) โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรค การเปลี่ยนแปลงของสารดังกล่าวโดยจุลินทรีย์นั้นขึ้นอยู่กับ อาหาร จุลินทรีย์ และสิ่งแวดล้อม (Lawrie. 1995)

การแปรรูปอาหารโดยอาศัยกรรมวิธีการหมักนั้นมีประวัติความเป็นมาคล้ายคลึงกันทั้งในประเทศตะวันตกและตะวันออกคือเริ่มจากอาหารหมักและเครื่องดื่ม ซึ่งมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสืบทอดกันมานับเป็นศตวรรษ เริ่มโดยอาศัยจุลินทรีย์จากธรรมชาติ ด้วยการควบคุมสภาวะระหว่างการหมักให้เอื้ออำนวยต่อการเจริญ และการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทโดยที่สภาวะดังกล่าวจะขัดขวางกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อกระบวนการนั้น การหมักโดยอาศัยจุลินทรีย์จากธรรมชาติที่ปฏิบัติกันมาแต่เดิมนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มักมีคุณภาพไม่แน่นอน และไม่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการหมัก หรือขยายกำลังการผลิตให้สูงขึ้นจากที่เป็นอยู่ได้ สำหรับผลิตภัณฑ์หลายๆ ชนิด การหมักในลักษณะนี้ยังเป็นการเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อโรค หรือจุลินทรีย์ซึ่งสร้างสารพิษ ดังนั้นในการหมักอาหารหลายชนิด จึงได้มีการพัฒนาใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ โดยมีการศึกษาจนแน่ใจแล้วว่าเชื้อเหล่านั้นมีบทบาทอย่างแท้จริงในกระบวนการหมัก และได้ทำการคัดเลือกตลอดจนปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้น และหาวิธีการผลิตกล้าเชื้อในรูปแบบใหม่ที่เหมาะสม หรือปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตจากรูปแบบเดิม (นภา โล่ห์ทอง. 2535)

กระบวนการหมักเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์สภาพที่ไม่มีอากาศ และใช้สารอินทรีย์เป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักจะมีอยู่ทั้งในสภาพรีดิวซ์ และออกซิไดซ์ สำหรับผลิตภัณฑ์สุดท้าย (end product) ที่ได้จากการหมักคาร์โบไฮเดรตจะเป็นสารอะไรนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญคือ ชนิดของเชื้อ ชนิดของคาร์โบไฮเดรต และสภาวะการเลี้ยง เช่น อุณหภูมิ เวลา และความเป็นกรดด่าง โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการหมักคาร์โบไฮเดรตและแอลกอฮอล์ อาจมีก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดบางชนิด แอลกอฮอล์ และสารพวกคีโตน และแบคทีเรียที่มีการหมักได้ปกติจะเป็นพวกที่ต้องการหรือไม่ต้องการออกซิเจน (facultative anaerobe) (อัจฉรา เพิ่ม. 2550)

2.3.1.2 แบคทีเรียกรดแลกติก (Lactic acid bacteria : LAB)

แบคทีเรียกรดแลกติกจัดอยู่ใน family Lactobacillaceae สามารถย้อมติดสีแกรมบวก มีรูปร่างกลมหรือเป็นท่อน ไม่สร้างสปอร์ ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส สามารถสร้างกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายในการหมักคาร์โบไฮเดรต โดยจะได้พลังงานจากน้ำตาล และสารที่มีโครงสร้างคล้ายน้ำตาลจากกระบวนการ substrate-level phosphorylation แบคทีเรียกรดแลคติกสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจน (aerobe) ไม่มีออกซิเจน (anaerobe) และมีออกซิเจนน้อย (microaerophilic) อุณหภูมิที่เชื้อสามารถเจริญได้อยู่ในช่วง 2-53 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 30-40 องศาเซลเซียส ช่วงค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมคือ 5.58-6.20 แต่โดยทั่วไปเจริญได้ที่ค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่า 5 และอัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง แบคทีเรียกรดแลคติกประกอบด้วยจีนัส *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* และ *Streptococcus* (Rattanachaikunsopon and Phumkhachorn. 2010)

แบคทีเรียแลคติกสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ตามกระบวนการและผลิตภัณฑ์ที่สร้างจากการหมักของน้ำตาลกลูโคส ได้แก่

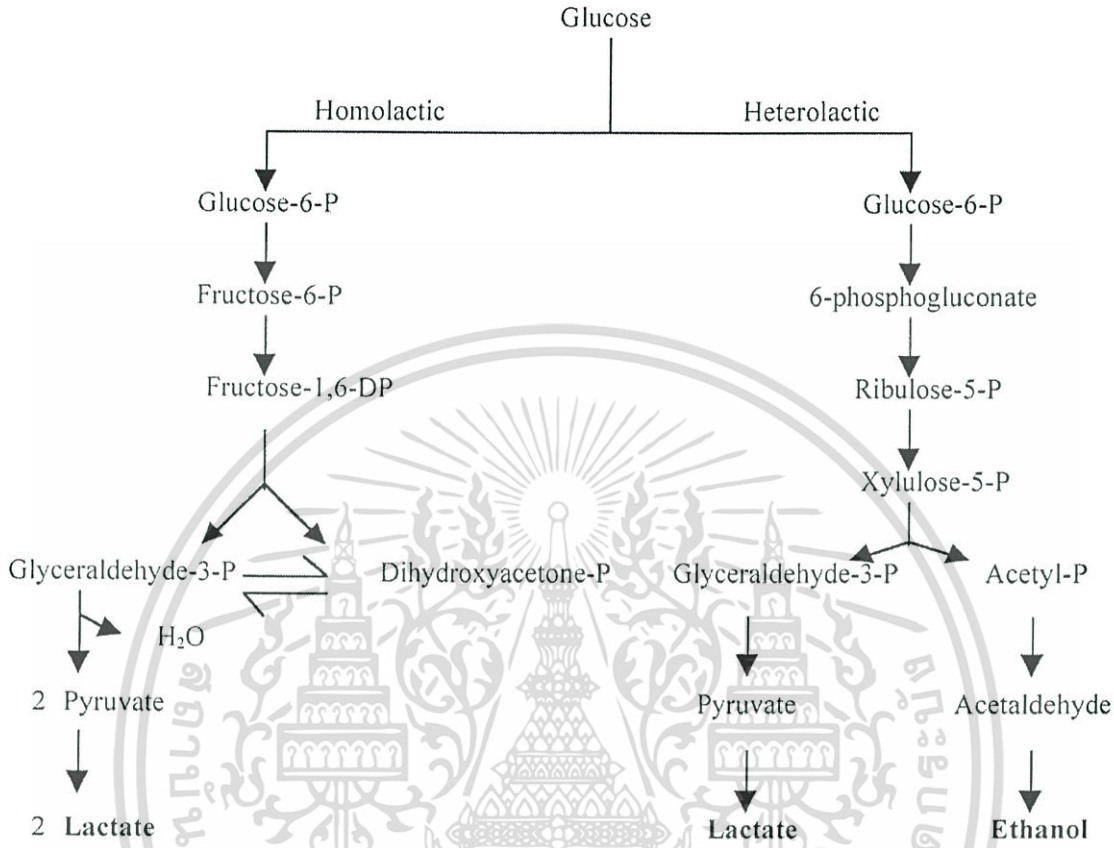
1) Homofermentative เป็นแบคทีเรียที่หมักน้ำตาลกลูโคส (hexose) โดยทำการเปลี่ยนกลูโคสเป็นไพรูเวต โดยอาศัยเอนไซม์อัลโดเลส (aldolase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และให้กรดแลกติกมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 โดยผ่าน glycolysis pathway (Embden-Meyerhof pathway: EMP) โดยเป็นแบคทีเรียสกุล *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* และ lactobacilli บางสายพันธุ์ที่ผลิตกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักในการหมักน้ำตาลกลูโคส

2) Heterofermentative เป็นแบคที่เรียพวกที่หมักน้ำตาลกลูโคส (hexose) แล้วให้คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 20-25 กรดแลคติกร้อยละ 50 กรดอะซิติก และเอธานอลร้อยละ 20-25 โดยผ่าน phosphoglyconate pathway หรือ phosphoketolase pathway ซึ่งเป็นแบคทีเรียสกุล *Leuconostoc* และ *Lactobacillus* บางสายพันธุ์เช่น *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus casei*, *Lactobacillus ferrmentum* และ *Lactobacillus brevis* (อัจฉรา เพิ่ม. 2550 ; Rattanachaikunsopon and Phumkhachorn. 2010)

สายพันธุ์ของแบคทีเรียแลคติกที่มักพบได้ในเนื้อสด ได้แก่ *Lactobacillus*, *Pediococcus, Streptococcus* และ *Leuconostoc* ส่วนแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์ที่พบในไส้กรอกหมัก และเนื้อสัตว์ที่บรรจุแบบสุญญากาศ ได้แก่ Lactobacilli นอกจากนี้ยังสามารถพบแบคทีเรียกรดแลคติกในระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ เช่นเดียวกับ ผักดองหรือวัตถุดิบจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืช เช่น หญ้าหมัก เป็นต้น แบคทีเรียแลคติกที่มีรูปร่างเป็นท่อนนั้นนิยมใช้ในการผลิตอาหารหลายชนิด (Bottazi. 1998) โดยกระบวนการหมักน้ำตาลกลูโคสโดยแบคทีเรียแลคติกแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การหมักของน้ำตาลกลูโคสโดยแบคทีเรียกรดแลคติก

ที่มา : Caplice and Fitzgerald (1999)

แบคทีเรียกรดแลคติกมีบทบาทต่อกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์แหนม เนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่พบได้ในเนื้อสด ซึ่งในระหว่างการหมักแหนมมีการเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติก ได้แก่ lactobacilli (*L. plantarum*, *L.pentosus* และ *L. sake*) และ pediococci (*P. acidilactici* และ *P. pentosaceus*) แบคทีเรียที่เกิดขึ้นสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตในการผลิตกรดอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดแลคติกมีผลทางอ้อมต่อกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และยังช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคที่เป็นอันตราย ดังนั้นกระบวนการหมักแหนมที่ดีผลิตภัณฑ์ควรมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.6 เพื่อยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยเมื่อนำไปบริโภค (Visessanguan *et al.* 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในประเทศไทยมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับแบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์แหนมตัวอย่างเช่น Luxananil *et al.* (2009) ได้ทำการคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากผลิตภัณฑ์แหนมได้แก่ สายพันธุ์ *L. plantarum* BCC9546 (LpBCC9546) ซึ่งเป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่ใช้หมักแหนม แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบการรายงานการเจริญเติบโตของกล้าเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้ในระหว่างกระบวนการหมักแหนม เนื่องจากการตรวจสอบการเจริญเติบโตของกล้าเชื้อดังกล่าวในระหว่างกระบวนการหมักเป็นขั้นตอนที่ค่อนข้างซับซ้อน เพราะมีการเจริญของจุลินทรีย์ประจำถิ่นในวัตถุดิบเนื้อสัตว์ประกอบด้วย *L. plantarum* สายพันธุ์อื่นๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพ และความต้องการสารอาหารคล้ายคลึงกับกล้าเชื้อ LpBCC9546 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าเชื้อ LpBCC9546 ในระหว่างกระบวนการหมักแหนม โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของแหนมที่ใช้แบคทีเรียกรดแลคติกที่เป็นสายพันธุ์ต้นกำเนิด สายพันธุ์ผสม และกลุ่มของแหนมที่ไม่เติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์เปรียบเทียบกันพบว่าแบคทีเรียแลคติกสายพันธุ์ผสมเป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการหมักแหนม เนื่องจากสามารถวัดการเจริญเติบโตได้ในระหว่างการหมักแหนม จึงเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตแหนมต่อไปในอนาคต

นอกจากแบคทีเรียกรดแลคติกจะมีคุณสมบัติในการเป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์แล้วนั้น Rattanachaikunsopon and Phumkhachorn (2010) รายงานว่าแบคทีเรียแลคติกสามารถผลิตสารต่อต้านจุลินทรีย์ เช่น แบคเทอริโอซิน ซึ่งมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคและแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย

2.3.2 แบคทีเรียก่อโรคที่พบในผลิตภัณฑ์แหนม

2.3.2.1 *Salmonella* spp.

Salmonella spp. เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่จัดอยู่ใน Family Enterobacteriaceae มีรูปร่างเป็นท่อนสั้น ไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีอากาศ แบคทีเรียชนิดนี้ส่วนใหญ่เคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลา และเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในมนุษย์ แหล่งที่ทำให้เกิดการแพร่เชื้อ *Salmonella* spp. ไปยังเนื้อสัตว์ชำแหละคือ สัตว์ที่เป็นพาหะและอาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังมีการปนเปื้อนจากผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสกับอาหารที่เป็นพาหะของเชื้อ *Salmonella* spp. ด้วยแล้ว ความเสี่ยงของผู้บริโภคก็จะเพิ่มสูงขึ้น (Varnam and Evans. 1991)

ในประเทศไทยพบการรายงานการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ที่พบในแหนมโดย Pichpol *et al.* (2004) รายงานว่าแหนมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อสุกรสด ซึ่งผู้บริโภคนิยมรับประทานแหนมแบบดิบๆ จึงมีความเสี่ยงต่อการได้รับเชื้อ *Salmonella* spp. ที่ปนเปื้อนมาจากเนื้อสุกรสด จากการทดลองโดยการเก็บตัวอย่างจำนวน 61 ตัวอย่าง จากตลาดสดและห้างสรรพสินค้าในจังหวัดเชียงใหม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่างแหนมได้แก่สายพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S. Anatum และ *S.* Cholerasuis ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในคน ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. ในแหนมคือ 3.8 ในขณะที่ตัวอย่างแหนมที่ศึกษามีค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยอยู่ที่ 4.9 ทำให้เชื้อ *Salmonella* spp. สามารถอยู่รอด และเพิ่มจำนวนได้ในแหนม จากการที่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในแหนมชี้ให้เห็นว่าแหนมเกิดการปนเปื้อนเชื้อมาจากแหล่งต่างๆ ในระหว่างกระบวนการผลิต ดังนั้นผู้บริโภคที่รับประทานแหนมดิบจึงมีความเสี่ยงต่อการได้รับเชื้อ *Salmonella* spp. และจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ

นอกจากมีการตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักแล้วยังสามารถตรวจพบได้ในผลิตภัณฑ์ปลาหมัก เช่น ในงานวิจัยของ Bernbom *et al.* (2009) กล่าวว่ากระบวนการหมักเนื้อปลาสดเป็นวิธีการที่นิยมปฏิบัติกันในประเทศแถบทวีปเอเชียเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และคงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามยังพบการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคในผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ เนื่องจากเนื้อปลาสดสามารถปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* และ *Vibrio* ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองตรวจสอบความสามารถในการอยู่รอด และศักยภาพในการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* spp. สายพันธุ์ต่างๆ ในสภาวะการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อปลาหมักของไทยหรือที่เรียกว่า ส้มฟัก ซึ่งสภาวะการผลิตมีปัจจัยที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ได้แก่ เกลือโซเดียมคลอไรด์ กระเทียม และกรดแลคติก โดยใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0-4 กระเทียมร้อยละ 0-10 และกรดแลคติกที่มีค่าความเป็นกรดด่างระดับเดียวกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งแบคทีเรียทุกชนิดจะถูกยับยั้งด้วยเกลือร้อยละ 8-10 ในขณะที่เชื้อ *Salmonella* spp. สามารถอยู่รอดได้ในกระเทียมทุกความเข้มข้น แต่เมื่อใช้เกลือและกรดแลคติกรวมด้วยสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ งานวิจัยนี้จึงแนะนำว่าควรใช้กล้าเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับการใช้กระเทียมในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อปลาหมัก

2.3.2.2 *Staphylococcus aureus*

เชื้อ *S. aureus* เป็นแบคทีเรียก่อโรคที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในคน เป็นแบคทีเรียแกรมบวกมีลักษณะกลม (cocci) โดยทั่วไปช่วงอุณหภูมิที่เชื้อ *S.aureus* เจริญอยู่ระหว่าง 7-47.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ 37 องศาเซลเซียส ช่วงอุณหภูมิที่สร้างเอนเทอโรทอกซินอยู่ระหว่าง 10-48 องศาเซลเซียส แบคทีเรียชนิดนี้ถูกทำลายได้ด้วยความร้อน และเป็นแบคทีเรียก่อโรคสายพันธุ์ที่ทนเกลือมากที่สุด โดยสามารถเจริญในสภาวะที่มีเกลือเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 15 นอกจากนี้ยังมีชีวิตรอดได้ในสภาวะแวดล้อมที่แห้งเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจนแต่สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็วในสภาวะที่มีออกซิเจน ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมในการเจริญอยู่ในช่วง 4-9โดยทั่วไปเชื้อชนิดนี้สามารถพบได้บริเวณผิวหนัง และเยื่อบุของสัตว์ (Nørrung *et al.* 2009)

Chokesajjawatee *et al.* (2009) ได้รายงานว่าเชื้อ *S. aureus* เป็นแบคทีเรียก่อโรคชนิดหนึ่งที่เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษทั่วโลกโดยได้ทำการศึกษาอุบัติการณ์ปนเปื้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อ *S. aureus* และสารพิษที่สร้างขึ้นในแหนม โดยสุ่มตัวอย่างแหนมจำนวน 155 ตัวอย่างสามารถตรวจพบเชื้อ *S. aureus* ร้อยละ 39.35 แต่ไม่พบการสร้างสารพิษ ซึ่งปัจจัยเสี่ยงของการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* นั้นขึ้นอยู่กับสุขลักษณะของการผลิต และค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ ความน่าจะเป็นของการพบการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.24 ที่ค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 ในระหว่างกระบวนการหมักแหนม จำนวนเชื้อ *S. aureus* ค่อยๆ เพิ่มขึ้นในวันแรก และลดลงหลังจากนั้น จำนวนเชื้อ *S. aureus* ในแหนมลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น โดยผลการศึกษาไม่พบสารพิษ enterotoxin และพบเชื้อ *S. aureus* ในปริมาณน้อยแสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นกรดด่างมีความสำคัญต่อการอยู่รอดของแบคทีเรียก่อโรคที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในคน ซึ่งในการควบคุมค่าความเป็นกรดด่างของแหนมอาจช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคอาหารเป็นพิษได้

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Petchsing and Woodburn (1990) ที่ทำการตรวจสอบเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ในเนื้อสุกรบดที่จะนำมาผลิตแหนม โดยศึกษา 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ร้อยละ 0.75 และ 1.5 และกลุ่มที่ไม่เติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า เชื้อ *E. coli* มีจำนวนเปลี่ยนไปเล็กน้อย ในขณะที่เชื้อ *S. aureus* มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งกลุ่มที่เติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ร้อยละ 0.75 ไม่สามารถตรวจพบเชื้อ *S. aureus* ในตัวอย่างแหนมเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และกลุ่มที่เติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ร้อยละ 1.5 นั้นตรวจไม่พบทั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* หลังจาก 36 และ 96 ชั่วโมง ดังนั้นจึงแนะนำให้มีการเติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ในแหนมเพื่อควบคุมแบคทีเรียก่อโรค

2.3.2.3 *Clostridium perfringens*

เชื้อ *C. perfringens* เป็นแบคทีเรียก่อโรคที่มักปนเปื้อนมากับเนื้อสด และยังเป็นแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตที่เป็นจุลินทรีย์ประจำถิ่นที่พบในทางเดินอาหารของสัตว์ และคน แบคทีเรียสายพันธุ์นี้สามารถสร้างสปอร์ซึ่งทำให้สามารถอยู่รอดได้ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นเรื่องที่น่ากังวลสำหรับการถนอมอาหาร เชื้อ *C. perfringens* เจริญได้ที่อุณหภูมิ 15-50 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส แบคทีเรียสามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว โดยค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำสุดที่แบคทีเรียชนิดนี้สามารถเจริญได้คือ 0.97 ในขณะที่สปอร์ของแบคทีเรียสายพันธุ์นี้สามารถเจริญได้ในอาหารปรุงสุกเป็นเวลาหลายชั่วโมง (Nørrung *et al.* 2009) แบคทีเรียชนิดนี้ทนต่อความเป็นกรดของกระเพาะอาหารมีชีวิตรอดผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็ก เจริญ สร้างสปอร์พร้อมๆ กับขับสารพิษออกมามากพอที่จะทำให้ผู้บริโภคเกิดอาการของโรคอาหารเป็นพิษ ซึ่งโรคอาหารเป็นพิษจากเชื้อ *C. perfringens* สามารถป้องกันได้ถ้าเตรียมหรือผลิตอาหารขึ้นอย่างถูกต้อง และให้ความสำคัญในเรื่องของอุณหภูมิที่เก็บรักษาอย่างเคร่งครัด (สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในประเทศไทยมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาเชื้อ *C. perfringens* ที่พบในผลิตภัณฑ์แหนมโดย ชิสา วิบูลย์ชาติ (2546) ได้ทำการตรวจหาเชื้อ *Campylobacter jejuni* และ *C. perfringens* ในแหนม และทำการปรับสูตรการผลิตเพื่อลดเชื้อก่อโรค โดยรายงานว่าแหนมเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคดิบ ซึ่งผู้บริโภคอาจได้รับอันตรายจากแบคทีเรียก่อโรคที่ปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบหรือขั้นตอนการผลิตที่ไม่สะอาด ดังนั้นการตรวจ และควบคุมการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคเหล่านี้จึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ซึ่งในงายวิจัยนี้ตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อ *C. perfringens* ในแหนมร้อยละ 20 จากการสุ่มตรวจแหนมทั้งหมด 30 ตัวอย่าง แต่ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อ *C. jejuni* จึงนำเชื้อ *C. perfringens* ที่ตรวจพบ และเชื้อ *S.aureus* มาศึกษาผลของการปรับปริมาณเกลือ โซเดียมไนไตรท์ และกระเทียม ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเหล่านี้ พบว่าการใช้ปริมาณเกลือร้อยละ 2, 2.5 และ 3 ไม่ทำให้การเจริญเติบโตของ *C. perfringens* และ *S. aureus* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้โซเดียมไนไตรท์ที่ระดับ 160 ppm และ 200 ppm ให้ผลเช่นเดียวกัน แต่พบว่าการใช้กระเทียมร้อยละ 6 ทำให้ *C. perfringens* และ *S. aureus* ลดลงมากกว่าการใช้กระเทียมร้อยละ 5 และ 4 เมื่อนำแหนมที่มีกระเทียมร้อยละ 6 ไปศึกษาต่อโดยการเติมเชื้อเริ่มต้นผสมคือ *L. sake* และ *P. acidilactici* ที่ความเข้มข้น 10^5 cfu/g พบว่าแหนมที่มีเชื้อเริ่มต้นผสมทำให้มีการลดการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* แต่ไม่สมบูรณ์ เชื้อ *S. aureus* ที่เหลือในแหนมที่เติมเชื้อเริ่มต้นผสมมีมากกว่าแหนมไม่ได้เติมเชื้อเริ่มต้นเล็กน้อย แหนมที่เติมเชื้อเริ่มต้นผสมสามารถลดจำนวน *C. perfringens* ได้ดีกว่าแหนมที่เตรียมจากการใช้กระเทียมร้อยละ 6 ร่วมกับการใช้เชื้อเริ่มต้นผสม สำหรับทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแหนมหลังจากบ่มเป็นเวลา 48-64 ชั่วโมง มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสแน่นและยืดหยุ่น มีสีชมพูอ่อน ได้รับการยอมรับอย่างดีจากผู้ชิมส่วนใหญ่ (41 คนจาก 50 คน คิดเป็นร้อยละ 82) เพื่อให้แหนมมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้นจึงควรมีการใช้กระเทียมร้อยละ 6 ร่วมกับการใช้เชื้อเริ่มต้นผสม

2.3.2.4 *Escherichia coli*

เชื้อ *E. coli* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นแท่ง ไม่สร้างสปอร์ สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจนก็ได้ อยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้สามารถพบได้ทั่วไปในระบบทางเดินอาหารของทั้งคน และสัตว์ และเป็นแบคทีเรียที่จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform) ประเภท fecal coliform ซึ่งเป็นโคลิฟอร์มที่พบในอุจจาระของคนและสัตว์เลือดอุ่น จึงใช้เป็นดัชนีบ่งชี้สุขลักษณะของอาหารและน้ำ นอกจากนี้เชื้อ *E. coli* ยังเป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ทำให้เชื้อชนิดนี้เป็นที่สนใจในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร เป็นดรรชนีบ่งบอกความปลอดภัยของอาหารต้องไม่พบเชื้อ *E. coli* (Vernam and Evans.1991 ; อัจฉรา เพิ่ม. 2550) เชื้อ *E. coli* เจริญได้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปจนถึง 45 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ 37 องศาเซลเซียส แบคทีเรียชนิดนี้สามารถอยู่รอดได้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาหลายสัปดาห์ และที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้เป็นเวลาหลายเดือนหรือเป็นปี (Nørrung *et al.* 2009)

จากการสำรวจตัวอย่างแหนมพบมีการปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรคหลายชนิดโดยเชื้อ *Salmonella* sp. และ *S. aureus* เป็นแบคทีเรียก่อโรคที่มักตรวจพบในแหนม ซึ่งพบเชื้อ *Salmonella* sp. ร้อยละ 12-23 จากตัวอย่างแหนม ส่วนเชื้อ *S. aureus* ตรวจพบร้อยละ 15-26 และมีรายงานการตรวจพบเชื้อ *L. monocytogenes* ร้อยละ 12 จากแหนม 60 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* O157 : H7 จากตัวอย่างแหนมที่ทำการสำรวจ อย่างไรก็ตาม ร้อยละ 83 จากตัวอย่างแหนม 80 ตัวอย่างที่เก็บจาก ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางของประเทศไทย ตรวจพบฟีคอลโคลิฟอร์ม และแบคทีเรียแกรมบวกร้อยละ 16 เช่น *C. perfringens* (Owens. 2015) โดยมีงานวิจัยของ สุจยา ฤทธิศร และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* sp. ในตัวอย่างแหนมจำนวน 20 ตัวอย่าง ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างคือ เดือนกันยายน 2553 ถึง มกราคม 2554 พบว่า ค่าความเป็นกรดด่างของแหนมมีค่าอยู่ในช่วง 2.3-6.9 โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่ามาตรฐานของแหนม (2.3-4.3) กันยายน จำนวน 1 ตัวอย่าง (ร้อยละ 5) ตุลาคม จำนวน 6 ตัวอย่าง (ร้อยละ 30) ธันวาคม จำนวน 1 ตัวอย่าง (ร้อยละ 5) มกราคม จำนวน 1 ตัวอย่าง (ร้อยละ 5) กลุ่มค่าความเป็นกรดด่างที่ได้มาตรฐานของแหนม (4.4–4.6) กันยายน จำนวน 2 ตัวอย่าง (ร้อยละ 10) ตุลาคม จำนวน 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 15) พฤศจิกายน จำนวน 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 25) ธันวาคม จำนวน 1 ตัวอย่าง (ร้อยละ 5) มกราคม จำนวน 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 15) และกลุ่มค่าความเป็นกรดด่างที่สูงกว่ามาตรฐานของแหนม (4.7–6.9) กันยายน จำนวน 17 ตัวอย่าง (ร้อยละ 85) ตุลาคม จำนวน 11 ตัวอย่าง (ร้อยละ 55) พฤศจิกายน พบ จำนวน 15 ตัวอย่าง (ร้อยละ 75) ธันวาคม จำนวน 18 ตัวอย่าง (ร้อยละ 90) มกราคม จำนวน 16 ตัวอย่าง (ร้อยละ 80) การตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแหนมอยู่ในช่วง 7.0-9.0 log cfu/g ซึ่งทุกตัวอย่างที่สุ่มเก็บในทุกเดือน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร การตรวจวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียพบตัวอย่างที่มีค่าเกินมาตรฐานคิดเป็นร้อยละในแต่ละเดือนได้ดังนี้โคลิฟอร์มแบคทีเรียในเดือนกันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคมและมกราคม คิดเป็นร้อยละ 15, 5, 15, 10 และ 15 ตามลำดับ และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในเดือนกันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม คิดเป็นร้อยละ 70, 60, 60, 65 และ 35 ตามลำดับ การตรวจวิเคราะห์ทางชีวเคมีของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียพบว่าเป็น *E. coli* Type II การตรวจวิเคราะห์ *Salmonella* sp. พบเชื้อเกินมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 10 และ 5 ในเดือนกันยายน และธันวาคม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.5 *Listeria monocytogenes*

เชื้อ *L. monocytogenes* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปท่อน ไม่สร้างสปอร์ เคลื่อนที่ได้ สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ -0.4-45 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ คือ 37 องศาเซลเซียสเป็นสาเหตุให้แบคทีเรียสายพันธุ์นี้สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารแช่เย็น โดยเฉพาะเนื้อสัตว์ถ้าหากพบเชื้อ *L. monocytogenes* ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ สามารถใช้ความร้อน ประมาณ 75 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายแบคทีเรียสายพันธุ์นี้ได้ นอกจากนี้แบคทีเรียสายพันธุ์นี้ สามารถเจริญได้ในเนื้อสัตว์ที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ 0.92 และอาจอยู่รอดได้ในผลิตภัณฑ์ที่มี ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำ สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มี หรือไม่มีออกซิเจน ดังนั้นจึงพบการเจริญของ แบคทีเรียสายพันธุ์นี้ได้ในเนื้อสัตว์หรือผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศ นอกจากนี้เชื้อ *L. monocytogenes* ยังสามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดด่างระหว่าง 4.6-9.4 แบคทีเรีย สายพันธุ์นี้พบได้ทั่วไปใน ดิน น้ำ ซากพืช และลำไส้ของสัตว์เลี้ยง รวมทั้งสัตว์ปีกต่างๆ มนุษย์ สามารถเป็นพาหะของเชื้อนี้โดยมีเชื้ออยู่ในลำไส้ ไม่แสดงอาการของโรคออกมา นอกจากนี้ยังพบ ในอาหารที่ปรุงไม่สุก เช่น นม ไข่ และอาหารทะเลต่างๆ อาจพบแบคทีเรียในอาหารที่ผ่านความ ร้อนแล้ว เช่น นม และผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ นอกจากนี้ยังสามารถแยกแบคทีเรียได้ จากกระบวนการผลิตอาหาร และอาหารที่อยู่ระหว่างการเก็บรักษา (อัจฉรา เพิ่ม. 2550 ; Nørrung *et al.* 2009)

ในกระบวนการผลิตแหนมนั้นมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนแบคทีเรีย ก่อโรคซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีงานวิจัยของ Paukatong and Kunawasen (2001) ได้ทำการศึกษาการจัดทำระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมเพื่อควบคุม ณ ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกหมักของไทย (แหนม) โดยจัดทำระบบนี้ขึ้นมาเพื่อพัฒนากระบวนการ ผลิตแหนม โดยใช้การใช้โซเดียมไนไตรท์ การปนเปื้อนโลหะ และแบคทีเรียก่อโรคเป็นอันตราย ทางเคมี-กายภาพ และทางชีวภาพ ต่อผลิตภัณฑ์แหนม ตามลำดับ ขั้นตอนการผลิตแหนมที่จัดว่า เป็นจุดวิกฤติที่ต้องควบคุมมี 4 ขั้นตอนได้แก่ การชั่งไนไตรท์ การอัดไส้ การหมักแหนม และการ ติดฉลาก โดยสาเหตุที่จัดทำงานวิจัยนี้เพราะพบว่ากระบวนการหมักมีส่วนทำให้ค่าความเป็นกรด ด่างลดลงส่งผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค แต่อย่างไรก็ตามยังพบแบคทีเรียก่อโรค ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก อาจมาจากกระบวนการหมักที่ไม่สมบูรณ์ โดยจากการสำรวจของผู้วิจัยพบ รายงานการตรวจสอบแหนมจากท้องตลาดจำนวน 60 ตัวอย่าง โดยพบการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* sp. ร้อยละ16, *S. aureus* ร้อยละ 15 และ *L. monocytogenes* ร้อยละ 12 ดังนั้นแหนมจึง เป็นสาเหตุทำให้ผู้บริโภคเกิดโรคอาหารเป็นพิษเนื่องจากรับประทานแหนมที่ปนเปื้อนแบคทีเรีย ก่อโรค ดังนั้นผู้ผลิตแหนมจึงมีความต้องการให้โรงงานผลิตแหนมมีระบบ HACCP เพื่อเพิ่มความ ปลอดภัยให้กับผลิตภัณฑ์แหนม เป็นสาเหตุทำให้เกิดงานวิจัยนี้โดยจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จัดทำระบบ HACCP ในกระบวนการผลิตแหนม เพื่อให้ผู้ประกอบการนำไปพัฒนา และปรับใช้กับโรงงานผลิตแหนม

เนื่องจากพฤติกรรมในการบริโภคแหนมนั้นนิยมบริโภคโดยไม่ผ่านความร้อน จึงเป็นความเสี่ยงที่ผู้บริโภคจะได้รับอันตรายจากแบคทีเรียก่อโรคที่ปนเปื้อนอยู่ในแหนมได้ เช่นเชื้อ *salmonella* sp. ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่ผลิตโดยนำเนื้อสัตว์มาผสมเครื่องเทศ และขึ้นรูปจากนั้นนำไปหมักให้มีค่าความเป็นกรดด่างที่ต่ำประมาณ 4.6 ก่อน ตามด้วยกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาด้วยกระบวนการหมักร่วมกับการทำแห้ง (dehydration) อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงทำให้ส่งผลเสียต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์คือ ทำให้มีลักษณะแห้งและแข็งกระด้าง ซึ่งการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์หลังการอบที่แห้ง และเปราะเกินไปสามารถทำได้โดยการเติมสารในกลุ่มฮิวเมกเตนท์ (Humactant) ได้แก่ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (คมแข พิลาสมบัติ และ ศุภลักษณ์ สรภักดี. 2558)

2.4 ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง

Calicioglu *et al.* (2003) กล่าวว่าผลิตภัณฑ์เนื้อแห้งหรือกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Snack food) หรือ เจอร์กี้ (Jerky) เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่จำหน่ายมาเป็นเวลานานแล้ว โดยการใส่เกลือ และการทำแห้งเพื่อเป็นการถนอมรักษา Yang *et al.* (2009) กล่าวถึงเจอร์กี้ว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีน และธาตุเหล็กสูง มีไขมันต่ำ อายุการเก็บรักษาคงที่ (อัตราส่วนของความชื้นต่อโปรตีนคือ 0.75 : 1) และยังมีกระบวนการผลิตอย่างง่ายในการทำให้มีรสชาติที่เป็นแบบฉบับและไม่ต้องแช่เย็นระหว่างการวางจัดจำหน่าย เนื่องจากมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำจึงเป็น ที่นิยมสำหรับบริโภคเป็นอาหารว่างในหลายๆ ประเทศ Market Report (2004) อ้างโดย Konieczny *et al.* (2007) รายงานว่าธุรกิจผลิตภัณฑ์เนื้อพร้อมรับประทานมีแนวโน้มที่เติบโตมาก โดยยอดขายผลิตภัณฑ์เนื้อพร้อมรับประทานเพิ่มจาก 631.6 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 1994 เพิ่มเป็น 2.7 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 2004 อย่างไรก็ตามพบว่าในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เนื้อแห้งพร้อมรับประทานที่ผลิตในครัวเรือน (homemade) ได้รับความนิยมสูง เนื่องจากมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวในด้านรสชาติ

ผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทานสามารถผลิตได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้เนื้อทั้งแผ่นหั่นเป็นชิ้น หรือใช้เนื้อบดผสมไขมันแล้วขึ้นรูปตามลักษณะที่ต้องการ จากนั้นหมักผสมเครื่องเทศ และทำให้แห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน (Yang *et al.* 2009) อย่างไรก็ตามหัวใจสำคัญของการผลิตคือ การลดปริมาณความชื้น และทำให้มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ที่เหมาะสมคือ 0.70-0.85 (Quinton *et al.* 1997 อ้างโดย Yang *et al.* 2009) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น ในประเทศไทยเองก็ได้มีการกำหนดมาตรฐานการผลิตเนื้อแห้ง โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148312

ผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2549)ได้กำหนดข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ดังนี้ ด้านลักษณะทั่วไปในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีขนาดใกล้เคียงกัน ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องนุ่ม ไม่เหนียวหรือแข็งกระด้าง ด้านสิ่งแปลกปลอมไม่ควรพบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ ปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนักส่วน ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ต้องไม่เกิน 0.85 วัตถุเจือปนอาหารห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด ห้ามใช้ โซเดียมไนเทรต โพแทสเซียมไนเทรต โซเดียมไนไทรต์ หรือโพแทสเซียมไนไทรต์ และควรมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *S. aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.01 กรัม เชื้อ *E. coli* โดยรายงานค่าเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์ และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.1 ปัญหาที่พบจากการอบแห้ง

ผลิตภัณฑ์เนื้อแห้งหรือกึ่งแห้งอาศัยความร้อนในการอบเพื่อกำจัดความชื้น ทั้งนี้เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้อยู่ในช่วง 0.7-0.85 และมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 20-35 ขึ้นอยู่กับสูตรและกรรมวิธีการอบแห้ง (Chen *et al.* 2000 ; Chen *et al.* 2002 ; Yang *et al.* 2009 ; Lim *et al.* 2012) จัดเป็นการถนอมอาหารที่สามารถลดระดับของค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ให้ต่ำกว่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตจุลินทรีย์ และลดกิจกรรมทางเคมี ชีวเคมีที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์ในการทำแห้งเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการอบแห้งเนื้อสัตว์อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสมากเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการแปรรูปชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติและจับตัวกัน ก่อให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ และทำให้กล้ามเนื้อเหนียว แข็ง และเปราะ (วิไล รังสาดทอง. 2547) โดยที่การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในเนื้อโค (beef) เนื่องจากผลของความร้อนจะเกิดขึ้นสองช่วงคือ ช่วงแรกที่อุณหภูมิประมาณ 30-50 องศาเซลเซียส ความร้อนในช่วงนี้มีผลทำให้โปรตีนระบบแอกโตไมโอซินเกิดการจับรวมตัวกัน (coagulation) และจะเริ่มตกตะกอนจับรวมตัวกันอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิระหว่าง 50-60 องศาเซลเซียส จากนั้นที่ช่วงอุณหภูมิประมาณ 60-90 องศาเซลเซียส ความร้อนจะส่งผลต่อการเสียสภาพธรรมชาติของระบบที่เกี่ยวข้องกับโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยทำให้เกิดการหดตัวและการละลายของคอลลาเจน และ/หรือทำให้เกิดการเชื่อมขวาง (cross-link) ระหว่างไมโอซินที่ตกตะกอนและจับรวมตัวกัน (Huang and Nip. 2001) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะทำในเนื้อสัตว์เหนียวและแข็งขึ้นในระหว่างกระบวนการอบแห้ง โดยเฉพาะกระบวนการอบแห้งที่ใช้ความร้อนสูง และใช้ระยะเวลาสั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าแต่ใช้เวลานาน (วิไล รังสาดทอง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2547) ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อบแห้ง จึงจำเป็นต้องมีการปรับสูตรการผลิตและกรรมวิธีการอบแห้งให้เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องคำนึงถึงในประเด็นของความนุ่ม เพื่อให้เกิดการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

2.4.2 ผลกระทบของการอบแห้งต่ออาหาร

วัตถุประสงค์ของการอบ นอกจากจะเป็นการเปลี่ยนคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสของอาหารและเพื่อเพิ่มกลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแล้ว การอบยังเป็นการทำลายเอนไซม์ และจุลินทรีย์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื่องจากสามารถลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของอาหารได้ในระดับหนึ่ง

2.4.2.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะของอาหาร อุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อน ลักษณะเฉพาะของอาหารอบได้แก่ การเกิดเปลือกแข็งซึ่งจะช่วยรักษาความชื้นภายในอาหารไว้ เมื่อเนื้อสัตว์ได้รับความร้อน ไขมันในเนื้อจะละลายและกระจายตัวอยู่ในสภาพน้ำมันในอาหารหรือไหลออกมาเป็นส่วนประกอบของอาหารที่เรียกว่าน้ำไหลซึม (drip) คอลลาเจนจะละลายใต้ผิวหน้าและกลายเป็นเจลาติน ไขมันจะกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อ โปรตีนเกิดการเสียสภาพ สูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ เกิดการหดตัว ไขมันส่วนเกิน และน้ำจึงถูกกำจัดออกไป การเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจะเป็นการทำลายจุลินทรีย์ และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ อย่างก็ตามจะทำให้ผิวของอาหารแห้ง ลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบและแข็งขึ้น เมื่อเกิดเปลือกที่เป็นรูพรุนเนื่องจากโปรตีนเกิดการตกตะกอน เสียสภาพหรือเกิดไพโรไรซีสเป็นบางส่วน

2.4.2.2 สี กลิ่น และรส

กลิ่นที่ได้จากการอบเป็นลักษณะเฉพาะด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญของอาหารอบ การได้รับความร้อนสูงของผิวอาหารทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน

2.4.2.3 คุณค่าทางโภชนาการ

อาหารอบหลายชนิด เช่น ขนมปัง และเนื้อ เป็นอาหารหลักที่สำคัญ รวมถึงเป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ที่สำคัญในหลายประเทศ การเปลี่ยนแปลงด้านคุณค่าทางโภชนาการจะเกิดขึ้นส่วนมากที่ผิวหน้าของอาหาร อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดผลกระทบต่อการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการโดยรวม สำหรับอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทเนื้อ ขนาดของชิ้นอาหาร ชนิดของข้อต่อ สัดส่วนระกว่างกระดูกและไขมัน การจัดการก่อนและหลังการฆ่า ชนิดของสัตว์มีผลต่อการสูญเสียทางด้านโภชนาการ (วิไล รังสาดทอง. 2547)

2.5 การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้ง

2.5.1 การใช้สารฮิวเมกเตนท์ในอุตสาหกรรมอาหาร

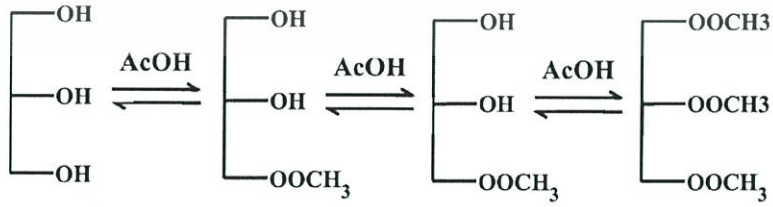
ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารมีความต้องการที่จะเก็บรักษาความชื้นไว้ในผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันการสูญเสียคุณภาพในด้านต่างๆ ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ช็อกโกแลต และชีส นอกจากนี้สารฮิวเมกเตนท์ยังช่วยป้องกันอาหารไม่ให้แห้งจนเกินไป ซึ่งสารฮิวเมกเตนท์ทำหน้าที่ให้ความชุ่มชื้นโดยการไปจับกับโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์ โดยในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้สารฮิวเมกเตนท์หลายชนิด นอกจากช่วยให้ความชุ่มชื้นกับผลิตภัณฑ์แล้วยังช่วยในเรื่องของความปลอดภัยของอาหารโดยมีผลต่อคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากช่วยควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ทำให้มีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค ซึ่งปัจจัยที่สำคัญได้แก่ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ และปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งจุดประสงค์หลักของสารฮิวเมกเตนท์ก็คือ การควบคุมปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ให้มีความคงตัว เพราะปัจจัยนี้ส่งผลต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสารฮิวเมกเตนท์ประกอบด้วยชนิดที่ไม่มีขั้ว เช่น ซูโครส กลีเซอรอล เป็นต้น ซึ่งสารฮิวเมกเตนท์ที่ยกตัวอย่างมานี้มักใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร โดยมีจุดประสงค์เพื่อความคุมความยืดหยุ่น และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้หนึ่งในข้อได้เปรียบของสารฮิวเมกเตนท์คือ ไม่ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากเป็นสารที่ไม่มีขั้ว (Msagati. 2012) นอกจากสารฮิวเมกเตนท์ จะเป็นสารที่เติมลงไปเพื่อจับกับน้ำและควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในผลิตภัณฑ์ สารในกลุ่มนี้ยังมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอาหารมาเป็นเวลานาน โดยที่สารฮิวเมกเตนท์ที่เก่าแก่ที่สุดใช้คือ เกลือ น้ำตาล เพื่อให้ผลในการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในอาหารกึ่งแห้ง อย่างไรก็ตามการใช้เกลือ และน้ำตาลในการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ อาจมีข้อจำกัดด้านรสชาติที่เค็มจัด และหวานจัดให้กับผลิตภัณฑ์ จึงอาจไม่เหมาะกับการใช้ในผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น เนื้อสัตว์กึ่งแห้งที่รับประทานเป็นอาหารว่าง (snack) ปัจจุบันจึงมีการใช้สารฮิวเมกเตนท์ชนิดอื่นๆ เช่น กลีเซอรอล และซอร์บิทอล เนื่องจากสารทั้งสองไม่ส่งผลเสียต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ (Varnam. 1995) นอกจากนี้สารเหล่านี้ยังเป็นสารที่ให้ความยืดหยุ่น (plasticize) ให้กับโครงข่ายของโปรตีนได้ กล่าวคือ ทำให้เนื้อสัตว์ไม่แข็งกระด้าง (Barret *et al.* 1998) ซึ่งมีงานวิจัยหลายชิ้นที่ได้ทำการศึกษาผลของการเติมสารฮิวเมกเตนท์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลีเซอรอลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งชนิดแล่เป็นชิ้นบาง โดยมีงานวิจัยของ Guilbert *et al.* (1981) กล่าวว่าการเติมกลีเซอรอลที่ปริมาณร้อยละ 5 จะให้ผลในการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในผลิตภัณฑ์ได้ต่อมา Kim *et al.* (1989) พบว่าการเติมกลีเซอรอลจะช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้และปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ของเนื้อสัตว์กึ่งแห้งได้โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระด้าง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้น รวมทั้งทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าในความยืดหยุ่น (springiness) และค่าการเคี้ยว (chewiness) ที่ดีขึ้นได้ สำหรับสารฮิวเมกเตนท์อีกชนิดอื่นที่มีรายงานการทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งคือ ซอร์บิทอล โดย Leung *et al.* (1984) พบว่าการเติมซอร์บิทอลที่ปริมาณร้อยละ 12 มีผลช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้เนื่องจากสารเหล่านี้ช่วยในการควบคุมค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ นอกจากนี้จากผลการทดลองโดย Chen *et al.* (2000) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบการทำเจอร์กี้สุกรโดยการใช้กลีเซอรอล (ร้อยละ 3, 6 และ 9) และซอร์บิทอล (ร้อยละ 3, 6 และ 9) เทียบกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่เติมสารฮิวเมกเตนท์พบว่าการเติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลที่ปริมาณร้อยละ 6 และ 9 จะช่วยลดปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์ลงได้ รวมทั้งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาในด้านลดค่า TBARs และลดการเจริญเติมโตของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือนได้โดยการเติมซอร์บิทอลจะมีข้อดีกว่าการเติมกลีเซอรอลในการลปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ แต่จะด้อยกว่าในด้านให้ความนุ่มกับผลิตภัณฑ์ และค่าในการเคี้ยว (chewiness) เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมกลีเซอรอล อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ฮิวเมกเตนท์หรือสารลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ควรคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ กลิ่นรสของสารที่ใช้ความเป็นพิษและต้องไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อาหารได้แก่ คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภคเช่น การใช้กลีเซอรอลในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 20 อาจส่งผลให้เกิดรสขมในผลิตภัณฑ์ (Varnam. 1995)

2.5.2 ชนิดของสารฮิวเมกเตนท์

สารฮิวเมกเตนท์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ สารที่ได้จากธรรมชาติ และสารสังเคราะห์ ตัวอย่างสารฮิวเมกเตนท์ที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ tartrate กลีเซอรอล น้ำตาลอินเวิร์ต หรือ สารให้ความหวาน และน้ำผึ้ง ส่วนสารฮิวเมกเตนท์ที่ได้จากการสังเคราะห์ได้แก่ monopropylene glycal ซอร์บิทอล และแมนนิทอล สูตรโครงสร้างของสารฮิวเมกเตนท์ชนิดไม่มีขั้วที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหารแสดงในภาพที่ 2.2 (Sritrongtae *et al.* 2011)



ภาพที่ 2.2 สารฮิวเมกเตนท์ชนิดไม่มีขั้วที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร

ที่มา : Sritrongtae *et al.* (2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสารฮิวเมกเตนท์ที่นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสได้แก่

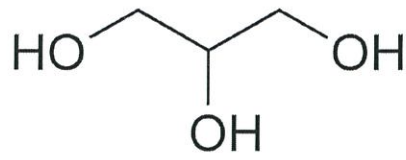
2.5.2.1 กลีเซอรอล (glycerol)

1) คุณสมบัติทั่วไปของกลีเซอรอล

กลีเซอรอลหรือกลีเซอรีนคือ trihydroxy alcohol ที่มีหมู่ไฮดรอก-ซิลจำนวน 3 หมู่ กลีเซอรอลบริสุทธ์เป็นของเหลว หนืดใส ไม่มีกลิ่น มีจุดเดือดที่ 290 องศาเซลเซียส และจุดหลอมเหลวที่ 18 องศาเซลเซียส ละลายน้ำ และแอลกอฮอร์ได้ดี แต่ไม่ละลายในอีเทอร์ เบนซิน หรือน้ำมัน สูตรโครงสร้างทางเคมีของกลีเซอรอลคือ 1,2,3-propanetriol, $CH_2OHCHOHCH_2OH$ โดยการใช้กลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์สูงในผลิตภัณฑ์อาหารและยามีวัตถุประสงค์เพื่อไม่ทำให้ส่งผลเสียต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ในส่วนประกอบของกลีเซอรอลมีส่วนที่มีขั้ว หรือชอบน้ำไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ในทางการค้ากลีเซอรอลที่จำหน่ายมีความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 99.5 จากการที่กลีเซอรอลมีโครงสร้างเป็น trihydroxy alcohol (ภาพที่ 2.3) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลมากถึง 3 หมู่ ทำให้มีโอกาสถูกแทนที่ด้วยสูตรโครงสร้างของสารอื่น ซึ่งโครงสร้างของกลีเซอรอลประกอบด้วย หมู่ไฮดรอกซิลหลักอยู่สองหมู่ และหมู่ไฮดรอกซิลรองหนึ่งหมู่ ซึ่งโดยส่วนใหญ่หมู่ไฮดรอกซิลหลักนั้นมีความสามารถเกิดปฏิกิริยามากกว่าหมู่ไฮดรอกซิลรอง ซึ่งระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลหลักสองหมู่ หมู่แรกจะไวต่อปฏิกิริยามากกว่าหมู่ที่สอง โดยทั่วไปกลีเซอรอลมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในบรรยากาศ แต่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเมื่อถูกกระตุ้นด้วยอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ ซึ่งบางส่วนของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนั้นยากที่จะควบคุมส่งผลให้เกิดอนุมูลอิสระจำนวนมาก

การใช้กลีเซอรอลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทางกายภาพที่โดดเด่น ซึ่งในกระบวนการผลิต กลีเซอรอลมีหน้าที่สำคัญคือ ให้ความยืดหยุ่น ความชุ่มชื้น เป็นตัวทำละลายเป็นสารหล่อลื่น และอื่นๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามไม่ควรผลิต หรือเก็บรักษากลีเซอรอลร่วมกับสารที่มีส่วนประกอบของเหล็กและทองแดง เว้นเสียแต่มีการใช้สารที่เป็นตัวยับยั้ง เนื่องจากเหล็กและทองแดงจะเป็นตัวเร่งทำให้เกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมัน นอกจากนี้กลีเซอรอลยังมีคุณสมบัติเป็น hygroscopicity หมายถึงสามารถจับความชื้นจากบรรยากาศได้ดี ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของกลีเซอรอล จึงนำมาให้เป็นสารฮิวเมกเตนท์ ที่ช่วยในการจับกับน้ำและทำให้เกิดความยืดหยุ่นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีประสิทธิภาพทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ต้องการ ได้แก่มีความนุ่ม ยืดหยุ่น เป็นเนื้อครีม และยืดอายุการเก็บรักษา (The soap and detergent association. 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของกลีเซอรอล

ที่มา : Pagliaro and Rossi. (2010)

2) แหล่งของกลีเซอรอล

สิ่งมีชีวิตสามารถสังเคราะห์กลีเซอรอลได้จากน้ำตาลกลูโคส โดยกลูโคสจะสลายตัวในวิถีไกลโคไลซีส และถูกใช้เป็นตัวกลางในการสังเคราะห์กลีเซอรอล ร่างกายจะนำกลีเซอรอลที่สังเคราะห์ได้ไปทำปฏิกิริยากับกรดไขมันได้เป็นไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งใช้เป็นพลังงานสำรองของร่างกาย ในระบบอุตสาหกรรมกลีเซอรอลเป็นผลิตผลพลอยได้จาก 3 กระบวนการหลักคือ การผลิตสบู่ การผลิตกรดไขมัน และการผลิตอัลคิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซล ในการผลิตไบโอดีเซลจะมีกลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ประมาณร้อยละ 10 ซึ่งเมื่อนำมากลั่นแยกเมทานอลออกไปแล้วจะได้กลีเซอรอลที่มีระดับความบริสุทธิ์ร้อยละ 82-85 จะเป็นเกรดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ขณะที่กลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์สูงร้อยละ 99.7 จะนำมาผลิตเครื่องสำอาง รวมทั้งผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน (ยุวเรศ เรืองพานิช และพิเชษฐ ศรีบุญยงค์. 2552)

3) บทบาทของกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

- เก็บความชื้น และป้องกันไม่ให้อาหารแห้ง มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำ ช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

- เป็นไครโอโพรเทกแทนต์ (Cryoprotectant) ใช้สารที่ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งโดยลดจุดเยือกแข็ง (freezing point) ให้ต่ำลง (Pagliaro and Rossi. 2010)

2.5.2.2 ซอร์บิทอล

ซอร์บิทอลเป็นสารให้ความหวาน (sweetener) เป็นน้ำตาลแอลกอฮอร์ (sugar alcohol) ที่ใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล (sugar subtitute) ชื่อเรียกอื่น Glucitol ซอร์บิทอลถูกค้นพบในปี 1872 จากผลเบอร์รี่ที่อยู่ในหุบเขา ซึ่งเกิดขึ้นจากธรรมชาติที่พบได้ทั่วไปในผลไม้ ซอร์บิทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอร์ที่มีคาร์บอน 6 อะตอม ซึ่งเกิดจากการสังเคราะห์ด้วยกระบวนการทางเคมีจากกลูโคสหรือเดกโตส สำหรับใช้ในทางการค้าซอร์บิทอลเป็นของเหลวที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนืด ซึ่งนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ลูกอมปราศจากน้ำตาล หมากฝรั่งปราศจากน้ำตาล และอาหารสำหรับคนที่เป็นโรคเบาหวาน ซึ่งส่วนผสมระหว่างน้ำตาลชนิดอื่นๆ และซอร์บิทอล ที่เติมลงในผลิตภัณฑ์นั้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติการเกิดผลึก นอกจากนี้ยังสามารถใช้ซอร์บิทอลเป็นสารฮิวเมกเตนท์ และสารที่ทำให้เกิดความคงตัว และในบางครั้งสามารถใช้แทนกลีเซอรอลได้เช่นกัน ทั้งนี้การใช้ซอร์บิทอลในเครื่องดื่มที่มีแคลลอรี่ต่ำทำให้ได้รับรสของ saccharin ภายหลังจากการดื่มทำให้ได้รับรสความหวานเช่นเดียวกับเครื่องดื่มทั่วไป ชนิดของผลิตภัณฑ์แถบยุโรปที่มีการใช้ซอร์บิทอลประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ขนมหวานชนิดต่างๆ ยาอม แยม และคุกกี้สำหรับผู้เป็นโรคเบาหวาน ไอศกรีม ช็อกโกแล็ต และขนมอบ

บทบาทของซอร์บิทอลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ได้แก่ รักษาความชุ่มชื้นในผลิตภัณฑ์ และป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง (cryoprotectant) โดยไปทำให้จุดเยือกแข็ง (freezing point) ของอาหารลดลง น้ำในอาหารอยู่ในรูปของเหลวที่อุณหภูมิต่ำมาก จึงไม่เกิดผลึกน้ำแข็งที่ไปทำลายเซลล์เนื้อเยื่อ ใช้ในอาหารแช่เยือกแข็ง สำหรับการเป็นพิษของซอร์บิทอลมีการทบทวนจากองค์องค์การอนามัยโลกโดยไม่ระบุระดับที่ยอมรับได้ต่อวัน (ADI) แสดงให้เห็นว่าการใช้ซอร์บิทอลไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมาการนำซอร์บิทอลมาใช้เป็นสารให้ความหวานและใช้ในอาหารประเภทที่แคลลอรี่ต่ำ หรืออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน อยากไรก็ตามถ้าหากใช้ซอร์บิทอลในปริมาณที่มากจนเกินไปอาจทำให้เกิดอาหารท้องอืด ท้องเสียได้ (Donnell and Kearsley. 1988 ; Branen *et al.* 2002)

2.5.2.3 เกลือ (salt)

เกลือที่ใช้ปรุงอาหารมีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) มีสูตรโครงสร้างคือ NaCl ในเกลือที่ไม่มีความชื้นอยู่เลยจะมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 95.5 - 98.5 และมีสารอื่น เจือปนในปริมาณน้อย เช่น แมกนีเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) และซัลเฟต (SO_4) เกลือโซเดียมคลอไรด์มีบทบาทอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากราคาถูก และใช้ได้หลากหลายทั้งในการปรุงอาหาร และถนอมอาหาร (กระทรวงสาธารณสุข. 2554) และในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้เกลือมาก นอกจากเกลือจะให้รสเค็มแล้วนั้น ยังสามารถไปกระตุ้นและปรับปรุงรสชาติอื่น ตัวอย่างเช่น เกลือสามารถลดรสขมได้ นอกจากนั้นยังสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค และเชื้อที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเน่าเสียได้ อย่างไรก็ตามการใช้เกลือก็มีข้อเสียคือ ถ้าใช้ในระดับสูงอาจมความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ (Liu *et al.* 2013)

1) บทบาทของเกลือต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

- เกลือมีผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Bacteriostatic role) มีผลต่อปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต และทำให้แรงดันออสโมติคของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ลดลงจึงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เกลือมีผลต่อการเกิดรสชาติ (Tasting role) ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีการเติมเกลือแกงซึ่งจะไปแตกตัวให้ไอออนของโซเดียม (NA^+) และคลอไรด์ (Cl^-) ซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นต่อมรับรส (Tasted bud) ในลิ้นซึ่งทำให้เกิดรสเค็ม

- เกลือมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Influence on the WHC of meat)

- เกลือมีผลต่อโปรตีน (action of protein) ในเนื้อสัตว์การเติมเกลือในเนื้อจะเพิ่มความแรงของประจุ (ionic strength) ทำให้ความสามารถในการละลายได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้นซึ่งมีบทบาทมากต่อการรวมตัวกับไขมันกับส่วนผสมของเนื้อสัตว์ (emulsifying) และความสามารถในการจับตัว (binding ability) ของโปรตีน ทำให้ลดความสามารถในการสูญเสียน้ำเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูป (cook loss) และปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะสัมผัสของผลิตภัณฑ์

- เกลือมีผลต่อไขมัน และรงควัตถุไมโอโกลบิน (Action on fat and myoglobin) ในเนื้อสัตว์เกลือจะทำให้ไขมัน และไมโอซินในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เกิดออกซิเดชันเร็วขึ้นผลมาจากสิ่งเจือปนที่อยู่ในเกลือ (Salt impurity) โลหะชนิดต่างๆ โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของไมโอโกลบินไปเป็นสารที่มีสีเข้มขึ้น (browning) และไขมันเกิดการแตกตัวให้กรดไขมันอิสระที่มีกลิ่นผิดปกติ (rancidity) เกิดขึ้น (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2539)

2) ข้อกำหนดการใช้เกลือ

ปริมาณโซเดียมที่ควรได้รับในแต่ละวันไม่ควรเกิน 2,400 มิลลิกรัม ซึ่งเทียบเท่ากับเกลือแกง (โซเดียมคลอไรด์) 6 กรัม หรือเทียบเท่ากับเกลือแกงแบบร่วนละเอียดประมาณ 1 ช้อนชา กำหนดให้ใช้เกลือไนไตรท์ในปริมาณไม่เกิน 125 ppm (125 มิลลิกรัม ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม) โดยคำนวณเป็นปริมาณโซเดียมไนไตรท์ และการใช้เกลือเตรทในผลิตภัณฑ์เนื้ออยู่ที่ปริมาณไม่เกิน 500 ppm (500 มิลลิกรัม ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม) โดยคำนวณเป็นปริมาณโซเดียมไนเตรท หากใช้เกินกำหนดจะมีโอกาสเสี่ยงต่อปัญหาของการตกค้างในผลิตภัณฑ์ (สำนักงานอาหารและยา. 2557)

2.5.2.4 น้ำตาล (sugar)

น้ำตาลซูโครส (sucrose) เป็นน้ำตาลที่เรียกกันทั่วไปว่าน้ำตาลทรายที่ใช้เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) อย่างกว้างขวางทั่วโลก พบอยู่ในพืชและผลไม้หลายชนิด แต่ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตน้ำตาลทางการค้าคือ อ้อย และหัวบีท (beat root) น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) 2 ชนิด คือ น้ำตาลฟรักโทส (fructose) และน้ำตาลกลูโคส (glucose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) มีสูตรโมเลกุล คือ $C_{12}H_{22}O_{11}$ น้ำตาลซูโครส เป็น non reduction sugar เพราะไม่มีหมู่ฟังชันเหลืออยู่ในโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) บทบาทของน้ำตาลที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

- น้ำตาลให้ผลิตภัณฑ์มีรสอ่อนนุ่มขึ้น โดยที่น้ำตาลจะไปลดรสเค็มที่มีผลมาจากเกลือ และป้องกันน้ำบางส่วนจากเนื้อสัตว์ที่จะถูกดึงออกมา ทำให้ความชื้นบางส่วนไม่สูญเสียไป เนื้อมีรสชาติดีขึ้น และไม่แห้ง แข็งกระด้าง

- น้ำตาลจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนของโปรตีน เมื่อผ่านการให้ความร้อน ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดมีสีน้ำตาลที่บริเวณผิวหน้าของชิ้นเนื้อ และมองดูน่ารับประทานเพิ่มขึ้น

- น้ำตาลช่วยเร่งการเปลี่ยนแปลงของโซเดียมไนเตรทเป็นไนตริกออกไซด์ ทำให้ปริมาณสารไนเตรทที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์น้อย และเกิดสีแดงเร็วขึ้น (Donnell and Kearsley. 1988)

2.5.3 การนำสารฮิวเมกเตนท์มาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง

ในกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์กึ่งแห้งนั้นมีส่วนประกอบของเนื้อแดงเป็นส่วนใหญ่ โดยการสไลด์เนื้อแดง หมักเครื่องเทศ และนำไปทำแห้งทำให้เกิดกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ และมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำ (Kim *et al.* 2010) นอกจากนี้การอบแห้งโดยให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิใจกลางสูงกว่า 71.1 องศาเซลเซียส ยังสามารถช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคได้เช่นกัน ทำให้เพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคที่รับประทานเนื้อสัตว์กึ่งแห้ง (Harrison *et al.* 1997) แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตข้างต้นก็ยังพบมีข้อเสียคือ เนื้อสัตว์กึ่งแห้งที่ทำจากเนื้อแดงทั้งชิ้น โดยไม่มีการนำไปบดเพื่อลดขนาด และยังมีส่วนผสมเป็นเนื้อแดงเป็นส่วนมากนั้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้ง แข็ง เปราะ และยังเกิดสีคล้ำที่ไม่น่ารับประทาน ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่แห้งจนเกินไป (Miller *et al.* 1996) จึงมีการศึกษาที่ใช้เนื้อสัตว์ลดขนาดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้น แต่ก็ยังพบข้อเสีย คือทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้สูง ทำให้เหมาะแก่การเจริญของแบคทีเรียก่อโรค และการใช้ไขมันในปริมาณที่มากจะไปกระตุ้นให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ (Quinton *et al.* 1997) ดังนั้นในงานวิจัยของ Kim *et al.* (2010) ที่ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส และด้านประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อสุกรที่เติมสารฮิวเมกเตนท์ทั้งหมด 4 ชนิดได้แก่ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล กีวี่ และสับปะรด โดยใช้ความเข้มข้น 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2 และ 5 โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารฮิวเมกเตนท์ยกเว้นเกลือและน้ำตาล) วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ เนื้อสัมผัส (โดยวัดจากค่าแรงเฉือน) สี ความสามารถในการดูดซับความชื้น หาขนาดโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE และการทดสอบทางประสาทสัมผัส จากผลการทดลองพบว่า ในด้านปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ กลุ่มที่เติมสารฮิวเมกเตนท์ได้แก่ กลีเซอรอล กีวี่ และสับปะรด ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีค่าปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่าตัวอย่างเจอร์กี้เนื้อสุกรกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอย่างที่เติมสารฮิวเมกเตนท์ทุกกลุ่มการทดลองมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนในด้านการดูดซับความชื้นพบว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลทั้งร้อยละ 2 และ 5 มีการดูดซับความชื้นได้ดีกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้กลุ่มที่เติมสับปะรดและกีวี่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนได้แก่ myosin heavy chain และ actin ทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีนดังกล่าวทำให้ ผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้นด้วยสาเหตุนี้ แต่ในขณะที่สารฮิวเมกเตนท์ชนิดอื่นไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน หรือไม่ย่อยสลายโปรตีนนั่นเอง และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสชี้ให้เห็นว่ากลุ่มที่เติมสับปะรดมีคะแนนทางด้านกลิ่นรสสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ จากผลการทดลองสรุปว่า การเติมสารฮิวเมกเตนท์ช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และสารฮิวเมกเตนท์ที่ได้จากธรรมชาติ มีข้อดีคือช่วยเพิ่มกลิ่นรส ความนุ่ม และคะแนนความชอบด้านอื่นๆ ได้มากกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอล และซอร์บิทอล

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Chen *et al.* (2000) ที่ได้ทำการศึกษาผลของระดับกลีเซอรอล หรือซอร์บิทอลต่อลักษณะทางเนื้อสัมผัส และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เจอร์กี้แบบจีน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลีเซอรอล หรือ ซอร์บิทอลร้อยละ 3, 6 และ 9 จากนั้นนำมาตรวจวิเคราะห์ความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ และค่าแรงเฉือน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเติมกลีเซอรอล หรือซอร์บิทอลในระดับที่สูงขึ้นจะมีผลต่อการลดลงของปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลหรือซอร์บิทอลร้อยละ 9 มีปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่ให้ผลในทิศทางเดียวกัน และเมื่อให้กลีเซอรอลหรือซอร์บิทอลเพิ่มมากขึ้นทำให้มีค่าแรงเฉือนลดลง ซึ่งอธิบายได้ว่าสมบัติเชิงหน้าที่ของกลีเซอรอล คือมีประสิทธิภาพในการทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่น ซึ่งอาจมีผลในการทำให้เนื้อทั้งชิ้นนั้นมีความแน่นของเนื้อสัมผัสลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำ และกลีเซอรอล

2.6 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน เริ่มตั้งแต่คุณภาพเนื้อเริ่มต้น กระบวนการแปรรูป อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง ปริมาณออกซิเจนและความชื้นในระหว่างการเก็บรักษา

2.6.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ

อาหารกึ่งแห้งนั้นพบการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีส่วนใหญ่ที่อาจเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ในระหว่างการเก็บรักษาคือ การออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน (lipid oxidation) การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาที่ไม่ใช่เอนไซม์ (non-enzymic browning reaction) ตลอดจนอาจเกิดการสูญเสียวิตามินที่ละลายน้ำได้ ซึ่งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เหล่านี้ควรคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวเพราะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539)

การออกซิเดชันของไขมันเป็นปัญหาหลักที่ทำให้เกิดคุณสมบัติที่ไม่พึงประสงค์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านความร้อนจะเกิดปฏิกิริยานี้ได้เร็วกว่าเนื้อสดนอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายใน และปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ แสง ระดับออกซิเจน ที่มีผลต่อการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์ (Yang *et al.* 2009) ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นโดยตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ เช่น ความร้อน แสง หรือออกซิเจน สารประกอบต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดกลิ่นรสหืน โดยการออกซิเดชันของกรดไขมันจะมีการเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ การที่จะชะลอการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวนี้สามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำ แต่ไม่สามารถที่จะหยุดปฏิกิริยานี้ได้ เนื้อสัตว์ที่เก็บโดยการแช่แข็งจะเกิดการหืนได้ช้ากว่าเนื้อสัตว์ที่เก็บแช่เย็น โดยทั่วไปเนื้อสัตว์ที่เกิดการหืนจะเกี่ยวกับเนื้อที่แช่แข็งมากกว่าเนื้อสัตว์แช่เย็นเนื่องจากแบคทีเรียจะทำให้เนื้อที่แช่เย็นเกิดการเสื่อมเสียก่อนที่จะเกิดการออกซิเดชัน การเกิดกลิ่นหืนสามารถพัฒนาในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักได้อย่างรวดเร็วถ้ากระบวนการหมักโดยใช้แบคทีเรียผลิตกรดไม่มากพอ ซึ่งเป็นเหตุผลทำให้มีการแนะนำให้ใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักมากกว่าที่จะอาศัยเพียงจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบ การยืดอายุการเก็บรักษา และชะลอการเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมัน (Bowser *et al.* 2014)

การออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์นั้นมักเกิดในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Lim *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาผลของวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติของเจอร์กี้เนื้อโคที่ทำจากเศษเนื้อ ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันนั้นไม่ทำให้ค่า TBARs ในระหว่างการเก็บรักษาแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Yang *et al.* (2009) ที่ทำการศึกษาค่า TBARs ของเจอร์กี้เนื้อสุกรเปรียบเทียบกับเนื้อโคในระหว่างการเก็บรักษา โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (30 วัน) ตัวอย่างเจอร์กี้ทั้งสองชนิดมีค่า TBARs เพิ่มขึ้นเช่นกัน ในขณะที่เจอร์กี้เนื้อสุกรมีความไวต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมันมากกว่าเจอร์กี้เนื้อโค

นอกจากนี้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browing) ก็ยังพบเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อบแห้งและกึ่งแห้ง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) กับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา ผลิตผลที่ได้จากปฏิกิริยาเป็นสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาลและกลิ่นรสต่างๆ ที่ไม่พึงประสงค์ และทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการเช่น กรดอะมิโนบางชนิด รวมทั้งยังทำให้โปรตีนในเนื้อสัตว์แข็งขึ้นได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การเปลี่ยนแปลงและการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

อาหารกึ่งแห้งเป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้อยู่ในระดับปานกลางซึ่งเป็นระดับที่แบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่อาจจะมีปัญหาด้านการเจริญเติบโตของเชื้อราและยีสต์ ดังนั้นในการผลิตอาหารกึ่งแห้งจึงมีวัตถุประสงค์ใหญ่เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้ โดยเน้นทางด้านความคงทนต่อจุลินทรีย์เป็นหลัก (ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539) ซึ่งในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น curing, smoking, drying และ canning มักจะเปลี่ยนแปลงสภาพของเนื้อตลอดจน microbial flora ซึ่งการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์เนื้อเกิดจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์บนวัตถุดิบ เช่น เนื้อสัตว์ ส่วนผสม รวมทั้งกระบวนการผลิตที่ไม่สะอาด ทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์สูง เกิดการเน่าเสีย โดยถ้าผลิตภัณฑ์เนื้อมีจำนวนจุลินทรีย์สูงกว่า 10^6 แสดงว่าผลิตภัณฑ์เริ่มเน่าเสีย ยกเว้นผลิตภัณฑ์รสเปรี้ยว เช่น ไส้กรอกอีสาน แหนม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ประเภทเบคอนที่เป็นชนิด dried และ smoked bacon มักไม่พบเมือกที่เกิดจากแบคทีเรีย เพราะผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำ บริเวณผิวหน้า แต่จะมีราเจริญเชื้อราเจริญขึ้นมาก โดยจะมีทั้งชนิด psychrophiles แต่โดยมากเป็น mesophiles และทนเกลือ ราที่ตรวจพบเช่น *Aspergillus*, *Alternaria*, *Monilia*, *Oidium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Botrytis* และ *Penicillium* ถ้าเป็นเชื้อ *Aspergillus candidus* จะเกิดเป็นวงสีแดงบนเบคอน ถ้าราเจริญอยู่ในระยะแรกๆ สามารถตัดออกได้ โดยผลิตภัณฑ์ยังไม่ทันเสีย (สัญชัย จตุรสิทธา. 2551)

อาหารแห้งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้อง และบริโภคได้โดยไม่ต้องผ่านการปรุงสุก (สัดส่วนความชื้นต่อโปรตีน 0.75-1.00, ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่า 0.70) ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์คือมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำ หรืออาจมีการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล เช่น การลดค่าความเป็นกรดด่าง การใช้สารกันเสีย และการลดศักยภาพในการเกิดออกซิเดชัน-รีดักชัน ซึ่งมีประโยชน์ในการควบคุมแบคทีเรียก่อโรค แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ยังสามารถพบการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค เช่น *E coli.* O157 : H7, *L. monocytogenes* และ *Salmonella* spp. โดยมีรายงานการปนเปื้อนของเชื้อดังกล่าวในตัวอย่างเจอร์กี้ นอกจากนี้ยังมีการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งที่เกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยสามารถควบคุมได้โดยการปรับให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดด่าง และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำๆ (Calicioglu *et al.* 2002) ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมรับประทานที่ผลิตโดยการใช้ความร้อนสามารถทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสีย ร่วมทั้งแบคทีเรียก่อโรคที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปสปอร์ของจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถทนอยู่ได้ภายใต้สภาวะที่มีการให้ความร้อน ซึ่งทำให้สปอร์เกิดการฟักตัวและเจริญเติบโตขึ้นภายหลัง ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการที่จะควบคุมการฟักตัวของสปอร์ในผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในระหว่างการจัดจำหน่าย หรือเมื่อถึงมือผู้บริโภคแล้วก็ตาม เช่น การควบคุมความเย็น การใช้สารที่ยับยั้งการฟักตัวของสปอร์ เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมรับประทานนั้นจะต้องผ่านกระบวนการใช้ความร้อนจนมีอุณหภูมิใจกลางผลิตภัณฑ์สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

68 องศาเซลเซียส เนื่องจากสามารถทำลายแบคทีเรียก่อโรคที่ไม่สามารถสร้างสปอร์ได้ เช่น *Salmonella* spp., *E. coli* O157 : H7, *S. aureus* และ *L. monocytogenes* ทั้งนี้ถ้าพบจุลินทรีย์ดังกล่าวในผลิตภัณฑ์ภายหลังจากกระบวนการให้ความร้อนแสดงว่ามีการปนเปื้อนอีกครั้งภายหลังการผลิต โดยผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมรับประทานจะมีการกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ว่าต้องไม่พบการเจริญของเชื้อ *C. botulinum* และพบเชื้อ *C. perfringens* น้อยกว่า 1 log (Toldrá. 2009)

เจอร์กี้เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมรับประทาน (ready to eat food) ดังนั้นจึงต้องมีความปลอดภัยในการผลิต ซึ่งในกระบวนการผลิตอาจมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรค ซึ่งมีรายงานของโรคระบาดเนื่องจากการบริโภคเจอร์กี้เนื้อโคโดย แบคทีเรียก่อโรคส่วนใหญ่ที่พบการระบาด เนื่องจากการบริโภคเจอร์กี้คือ *Salmonella* sp. เป็นการระบาดครั้งใหญ่ที่เกิดขึ้นในปี 1994 มีผู้ป่วย 93 คน ที่รับประทานเจอร์กี้เนื้อโคที่ผลิตในมลรัฐ New Mexigo ต่อมาพบรายงานการระบาดเกิดขึ้นในปี 2012 พบในผู้ป่วย 4 รายที่เป็น โรค salmonellosis โดยผู้ป่วยได้รับเชื้อจากการบริโภคเจอร์กี้ที่ทำจากเนื้อไก่งวงที่ผลิตในมลรัฐ Minnesota Scheinberg *et al.* (2013) รายงานว่ามีการบริโภคเจอร์กี้เนื้อกวางเป็นผลทำให้เกิดการติดเชื้อ *E. coli* O157: H7 ใน Oregon ที่เกิดขึ้นในปี 1994 นอกจากนี้ Calicioglu *et al.* (2003) รายงานว่าเจอร์กี้ที่ผลิตด้วยวิธีแบบดั้งเดิม เช่น การทำแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดเชื้อ *E. coli* O157 : H7, *Salmonella* Typhimurium และ *L. monocytogenes* ได้ถึง 5 log ในเจอร์กี้เนื้อโคหมักน้ำปรุง

2.8 มาตรฐานผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง

มาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งจากข้อกำหนดของ หน่วยบริการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหาร (Food Safety and Inspection Service, FSIS) ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (FSIS. 2012) ได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ไว้ดังนี้ ผลิตภัณฑ์ควรมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้อยู่ในช่วง 0.7-0.85 เพื่อควบคุมการเจริญของเชื้อยีสต์ และรา ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 20-35 สัดส่วนความชื้นต่อโปรตีน (Moisture -to-Protein ratio, MPR) คือ 0.75:1 ผลิตภัณฑ์หลังการทำแห้งควรตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* sp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* และ *S. aureus* นอกจากนี้เจอร์กี้ที่ผลิตโดยการทำแห้งภายในครัวเรือนควรมีอายุการเก็บรักษาได้ 1-2 เดือน ส่วนเจอร์กี้ที่ผลิตเพื่อจัดจำหน่ายทางการค้าควรมีอายุการเก็บรักษาได้มากถึง 12 เดือน นอกจากนี้ได้มีข้อกำหนดวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อแห้งพร้อมรับประทานให้มีความปลอดภัยดังนี้

2.8.1 ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมตัวอย่าง

แหล่งที่มาของเนื้อวัตถุดิบ การหั่นเนื้อ บดเนื้อ จะต้องทำภายใต้สุขลักษณะที่ดี (GMP) เพื่อลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคที่อาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ขั้นตอนที่ 2 การหมัก

หลังจากขึ้นรูปเนื้อเสร็จในการหมักส่วนประกอบส่วนใหญ่จะเป็นพวกเกลือ น้ำตาล และ เครื่องเทศ

2.8.3 ขั้นตอนที่ 3 การควบคุมการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการผลิต

ในการผลิตกระบวนการความร้อนอาจเข้าไม่ถึง หรือเพียงพอที่จะฆ่าเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ดังนั้นอาจต้องเพิ่มขั้นตอนการผลิตเพื่อควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ในขั้นตอนการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่

2.8.3.1 การให้ความร้อนเนื้อในระหว่างการหมัก (Preheating meat in the marinade) โดยให้อุณหภูมิภายในเนื้อถึง 160 องศาฟาเรนไฮต์ (71 องศาเซลเซียส) เพื่อขจัด *Salmonella* sp.

2.8.3.2 การจุ่มเนื้อในกรดอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 5 นาน 10 นาที สามารถขจัดแบคทีเรียก่อโรค กรณีที่กระบวนการให้ความร้อนและการทำแห้งไม่มากพอ แต่อาจมีผลต่อรสชาติผลิตภัณฑ์

2.8.4 ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการทำลายแบคทีเรียก่อโรค

เป็นขั้นตอนสำคัญที่สามารถขจัดและทำลายแบคทีเรียก่อโรค ได้แก่ *E. coli* 0157 : H7, *Salmonella* sp, *L. monocytogences* และ *S. aureus* ขั้นตอนนี้สามารถลดแบคทีเรียก่อโรคได้มากถึง 7 log cfu สำหรับ *Salmonella* sp. และอย่างน้อยที่สุดควรสามารถฆ่าเชื้อได้ถึง 5 log cfu สำหรับเชื้อ *E .coli* 0157 : H7 และสามารถลด *L. monocytogenes* ได้ 3 log cfu วิธีการในขั้นตอนนี้ได้แก่ อุณหภูมิความร้อนที่ทำให้สุก ระยะเวลาที่ทำให้สุก ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ค่าความชื้น เป็นต้น

2.8.5 ขั้นตอนที่ 5 การทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง

ขั้นตอนนี้เป็นการขจัดน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นตอนนี้จะต้องมีการควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ให้มีค่าอยู่ในช่วง 0.85 หรือต่ำกว่า ซึ่งค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ในช่วงนี้สามารถควบคุมการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคได้ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องและบรรจุแบบสภาวะที่มีออกซิเจน แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้สูงกว่า 0.85 หรือ มีค่ามากกว่า 0.91 ควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะสุญญากาศ และเก็บในตู้เย็นภายหลังการเปิดถุงที่บรรจุ ดังนั้นภายหลังกระบวนการทำให้แห้ง จะต้องมีการตรวจสอบค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในผลิตภัณฑ์และทำการบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.6 ขั้นตอนที่ 6 การให้ความร้อนภายหลังการทำให้แห้ง

ขั้นตอนนี้เป็นการให้ความร้อนภายหลังกระบวนการทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 275 องศาฟาเรนไฮต์ (135 องศาเซลเซียส) นาน 10 นาที สามารถลดเชื้อ *Salmonella* sp. ได้ประมาณ 2 log cfu/g

2.8.7 ขั้นตอนที่ 7 มีการจัดการที่ดีภายหลังขั้นตอนทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและขั้นตอนการบรรจุ

เพื่อควบคุมการปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรค และป้องกันการปนเปื้อนข้ามก่อนกระบวนการบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบเนื้อแม่สุกรปลดระวาง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือเนื้อแม่สุกรปลดระวาง (culling sow) ซึ่งเป็นสุกรแม่พันธุ์ที่มีอายุประมาณ 2-3 ปี หรือให้ลูกสุกรได้ประมาณ 6 ครอก (สมโภชน์ ทับเจริญ. 2550) จากนั้นจะถูกปลดระวางจากการทำแม่พันธุ์ และถูกส่งเข้าโรงฆ่า และชำแหละซาก เพื่อนำเนื้อแม่สุกรปลดระวางมาใช้ประโยชน์ซึ่งเนื้อสุกรชนิดนี้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียว เนื่องจากมีเส้นใยกล้ามเนื้อหยาบ มีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และการ cross-link ของคอลลาเจนที่มากกว่าเนื้อสุกรปกติที่มีอายุน้อย (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) เครื่องบดเนื้อรูบดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร (Biro medel 346-3, USA)
2) ตู้อบลมร้อน (Binder model FD 115, Germany)
3) เครื่องชั่งชนิดหยาบ (Tanita model 1144, Tanita Corporation, Japan)
4) เครื่องชั่งชนิดละเอียด (Sartorius, Basic, Germany)
5) ตู้เขี่ยเชื้อแบบ Laminar Flow (Dwyer model merk II, USA)
6) ตู้บ่มเพาะเชื้อจุลินทรีย์ (WTB Binder model BD, Germany)
7) ตู้อบเครื่องแก้ว (Memmert model CM500, Germany)
8) หม้อนึ่งความดันสำหรับฆ่าเชื้อ (Hirayama model HVE 50, Japan)
9) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath, Memmert, Germany)
10) เครื่องผสมสารละลายในหลอดทดลอง (Vortex Mixer KMC-1300V, Korea)
11) เครื่องตีป่นไฟฟ้า (Stomacher Bag Mixer 400 model VW, France)
12) ไมโครเวฟ (Toshiba model ER-G8C, Thailand)
13) เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็น
14) ไมโครปิเปต (Eppendorf Research Fix® 3112, USA ; Finnpipette F3, USA)
15) เครื่องวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Novasina LabMaster AW CM3, Switzerland)
16) เครื่องวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler, Instron Model 1011, USA)
17) เครื่องวัดค่าสีของเนื้อ (Hunterlab Mini Scan EZ, Germany)
18) เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Mettler Toledo model SG-2, Switzerland)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19) เครื่อง Homogenizer (Ultra tarrax model IKA T25 digital, Germany)

20) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Shimadzu model UV-1601, Japan)

21) เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Ramon VP-800 (gaz), Germany)

22) ถุงสุญญากาศชนิด K-Nylon

23) เครื่องหมุนเวี่ยง (Jouan BR4i Refrigerated Benchtop Centrifuge w/ 2 rotors, USA)

24) กระดาษกรอง (Whatman, England)

25) เครื่องกลั่นโปรตีน (Gerhardt model Vapodest 30, Germany)

26) เครื่องวัดอุณหภูมิ (Fluke 51-II, Netherland)

27) เครื่องปั่น (Ronic RON-FP135, Germany)

28) เครื่องแช่เยือกแข็ง (Snijders Scientific 2040, Netherland)

29) ตู้แช่เย็น (sanden intercool SDC-1000AY, Thailand)

30) ตู้แช่แข็ง (Jouan power freezer VXE 380, USA)

31) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิพร้อมอุปกรณ์เขย่าสารเคมี (Vision VS-1205SW1, Korea)

32) เครื่องอิเล็คโตรโฟรีซิส (Bio-Rad Mini Protean II unit, USA)

33) เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน (Impulse sealer ME-305HC, Germany)

3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1) Agar (Criterion, USA)
2) Baird-parker agar (Merck, Germany)
3) Chromocult (Merck, Germany)
4) Plate count agar (Merck, Germany)
5) Malt extract (Merck, Germany)
6) MRS broth (Merck, Germany)
7) Simmons citrate agar (Merck, Germany)
8) Peptone (Merck, Germany)
9) Xylose lysine deoxycholate agar (XLD) (Merck, Germany)
10) Potassium tellurite (Merck, Germany)
11) Bactident coagulase (Merck, Germany)
12) Tryptic Soy Broth (Merck, Germany)
13) Nutrient broth (Merck, Germany)
14) Yeast extract granulated (Merck, Germany)
15) 1,3,3,3 tetra-ethoxypropane (Sigma, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16) Calcium carbonate (Scharlau Chemie S. A., Spain)

17) Potassiumhydroxide (KOH) (Merck, Germany)

18) Sodiumhydroxide (NaOH) (Merck, Germany)

19) 2 – Thiobarbituric acid (TBA) (Sigma, Germany)

20) Hydrochloric acid (Qrec, New Zealand)

21) Trichloroacetic acid (Merck, Germany)

22) Bovine serum albumin (BSA) (Sigma, Germany)

23) Sodium dodecyl sulfate (SDS) (Bio-Rad, USA)

24) Tris (hydroxymethyl) aminomethane (Fisher scientific, USA)

25) Acrylamide (Bio-Rad, USA)

26) 2- Mercaptoethanol (Bio-Rad, USA)

27) Bisacrylamide (Bio-Rad, USA)

28) Glycerol (Bio-Rad, USA)

29) Bromophenol blue (Sigma, Germany)

30) Acetic acid (Merck, Germany)

31) Glycerol (Food grade) (เคมีภัณฑ์)

32) Alcohol (องค์การสุรากรมสรรพสามิต, ประเทศไทย)

3.4 วิธีดำเนินงานวิจัย ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 การทดลองคือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาการใช้กลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างกระบวนการหมักแหนมและภายหลังจากการนำไปอบแห้ง

การทดลองที่ 2 ศึกษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

การทดลองที่ 3 การศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง ในรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

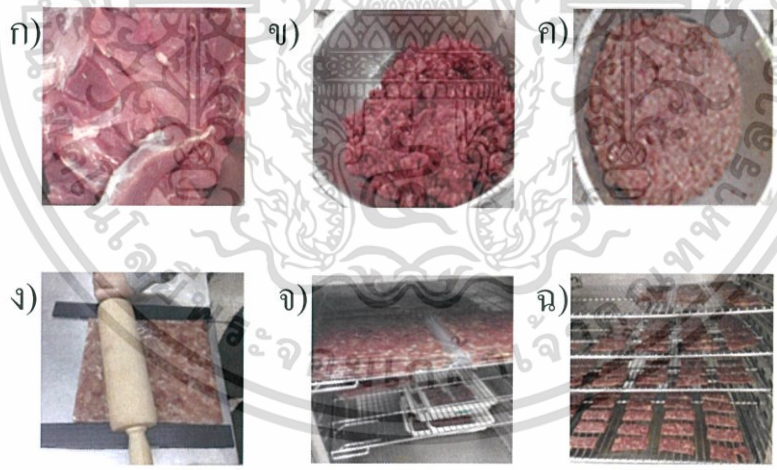
การทดลองที่ 4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

3.4.1 วิธีการเตรียมตัวอย่าง

วัตถุดิบเนื้อสัตว์ที่จะนำมาศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อแม่สุกรปลดระวางอายุประมาณ 3-5 ปี จากบริษัทเบทาโกร จำกัด จังหวัด ลพบุรี ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยการแช่ในกล่องโฟมปิดสนิทที่มีการใช้น้ำแข็งเพื่อทำให้เย็น ซึ่งเมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการควรทำการผลิตแหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายในระยะเวลา 3 วัน โดยใช้เนื้อส่วนสะโพกนำมาเลาะเอาไขมันและพังผืดออกให้หมด บดผ่านรูตะแกรงขนาด 0.9 เซนติเมตร 1 รอบ โดยในทุกการทดลองแบ่งออกเป็น 3 สูตรคือ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมกลีเซอรอล) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 และเติมส่วนผสมตามสูตรที่อ้างอิงจาก จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ พรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ (2553) ดังนี้ เนื้อสุกรบดส่วนสะโพกร้อยละ 84.34, ผงเพรก (เกลือร้อยละ 99 :ไนไทรต์ร้อยละ 1) ร้อยละ 1.52, ฟอสเฟต (P_2O_5 ร้อยละ 57.9 : เกลือโซเดียมร้อยละ 42) ร้อยละ 0.34, น้ำตาลทรายแดงร้อยละ 0.34, กระเทียมร้อยละ 6.73 และ ข้าวเจ้าสุกร้อยละ 6.73 นวดให้ส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน และเหนียว จากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นบางขนาด 0.5 เซนติเมตรในถุงพลาสติกชนิด LDPE และหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ และตัดเป็นชิ้นขนาด 3×10×0.5 เซนติเมตร ตามด้วยการอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง จนกระทั่งได้อุณหภูมิใจกลาง 71 องศาเซลเซียส จากนั้นลดอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส และอบต่อนาน 1 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่า 0.85 ภาพบางส่วนของกระบวนการผลิตแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง วัตถุดิบสุกรแก่ก่อนการเลาะไขมัน (ก) วัตถุดิบสุกรแก่หลังบด (ข) นวดส่วนผสมจนเหนียว (ค) ขึ้นรูป (ง) หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (จ) อบผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จนกระทั่งได้อุณหภูมิใจกลาง 71 องศาเซลเซียส จากนั้นลดอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส และอบต่อนาน 1 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่า 0.85 (ฉ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ขั้นตอนการศึกษาและการเก็บข้อมูล

3.5.1 ศึกษาการใช้กลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างกระบวนการหมักแหนมและภายหลังจากการนำไปอบแห้ง

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมกลีเซอรอล) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมาวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ในระหว่างกระบวนการหมักดังต่อไปนี้

3.5.1.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่อยู่ในระหว่างกระบวนการหมัก

1) วัดค่าสี (CIE L*a*b*) ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่อยู่ในระหว่างกระบวนการหมัก

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่อยู่ในระหว่างกระบวนการหมักวันที่ 0, 1, 2 และ 3 ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองละ 2 ชิ้น ขนาด 6×6×0.5 เซนติเมตร นำมาวัดค่าสีในรูปแบบ CIE (L*a*b*) ชิ้นละ 3 จุด ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter MiniScan EZ 4000L (Hunterlab Mini Scan EZ, Germany) ปรับเทียบค่าเครื่อง (calibrate) ด้วยแผ่นสีมาตรฐานก่อนการวัดทุกครั้ง

3.5.1.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่อยู่ในระหว่างกระบวนการหมัก

1) การหาค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาในระหว่างกระบวนการหมัก (%Purge loss)

การหาค่าปริมาณน้ำที่ออกมาในระหว่างกระบวนการหมักด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Nakoa *et al.* (1998) โดยนำตัวอย่างที่ใช้สำหรับวัด % purge loss บรรจุในถุงปริมาณ 25 กรัม จำนวน 2 ซ้ำ และขึ้นรูป หนา 0.5 เซนติเมตร นำไปชั่งน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้นหรือน้ำหนักตัวอย่างก่อนการหมัก โดยเมื่อครบระยะเวลาการหมัก ณ วันที่ 1, 2 และ 3 ทำการตัดถุงออกใช้กระดาษทิชชูซับน้ำออกเบาๆ ข้างละ 2 ครั้ง และชั่งน้ำหนักอีกครั้งภายหลังการมักคำนวณหา % purge loss จากสูตร

$$\% \text{ Purge loss} = \left[\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนการหมัก} - \text{น้ำหนักตัวอย่าง ณ ระยะเวลาการหมัก}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนการหมัก}} \right] \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

การวัดค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่อยู่ในระหว่างกระบวนการหมักตามวิธีที่อ้างอิงจาก AOAC (1984) โดยนำตัวอย่าง 2 กรัม ใส่น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ไปปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นนำไปวัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่อง Mettler Toledo 320 (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland) บันทึกผล กลุ่มการทดลองละ 3 ซ้ำ วัดค่าความเป็นกรดด่างของน้ำกลั่นไว้เพื่อเปรียบเทียบ

3) วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total lactic acid)

วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total lactic acid) ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่อยู่ในระหว่างกระบวนการหมักตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Friedrich *et al.* (2001) โดยชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นนำไปทำการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4000 g อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กรองเอาแต่ส่วนใส หยดด้วยฟีนอฟทาลีน 2-3 หยด นำไปไตเตรทด้วย 0.1 NaOH จนเป็นสีชมพูอ่อน โดยทดลองกลุ่มการทดลองละ 3 ซ้ำ คำนวณหาปริมาณกรดจากสูตร

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด} = \frac{N \times V \times \text{meq.wt.} \times 100}{1000 \times \text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1 NaOH ที่ใช้

meq.wt = milliequivalent weights ของ lactic acid คือ 90

4) การแยกโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE

ทำการแยกโปรตีนในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่อยู่ในระหว่างกระบวนการหมัก โดยกระแสไฟฟ้าตามความแตกต่างของมวลโมเลกุลด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิส (SDS-PAGE) ตามวิธีการของ Laemmli (1970) โดยใช้ความเข้มข้นของเจลอะคริลาไมด์สำหรับการแยก (running gel) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และความเข้มข้นของเจลสำหรับการทำให้โปรตีนเข้มข้น (stacking gel) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 จากนั้นนำสารละลายโปรตีนที่ผสม SDS ความเข้มข้นร้อยละ 5 ไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาวิเคราะห์หาโปรตีนด้วยวิธี Lowry (Lowry *et al.* 1951) นำมาโหลดลงเจล 15 µg/gel แบบแนวตั้งด้วยเครื่อง Mini Protean II unit (Bio-Rad Laboratories, Inc., USA) หลังจากแยกเสร็จแล้วนำเจลมาย้อมสีด้วย coomassie brilliant blue R-250 ที่ประกอบด้วยสารละลายผสมของเอทานอลร้อยละ 45 และกรดอะซิติกร้อยละ 10 แช่ทิ้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้ามคืนด้วยเครื่อง Incubator shaker (Vision, Korea) และล้างสีย้อมด้วยตัวทำละลายผสมเอทานอล ร้อยละ 30 และกรดอะซิติกร้อยละ 10

3.5.1.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่อยู่ในระหว่างกระบวนการหมัก

1) ตรวจวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

ตรวจวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2006) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งหนัก 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเปปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่าง จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) และใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อเทอาหาร plate count agar ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ รอจนอาหารแข็งแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ จากนั้นนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนจุลินทรีย์ระหว่าง 30-300 โคโลนี แล้วนำเสนอในรูปแบบ log cfu/g

2) ตรวจวิเคราะห์หายีสต์ และรา (Yeast and Mold)

ตรวจวิเคราะห์หายีสต์ และรา โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2005) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งหนัก 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเปปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่าง จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) และใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อ เทอาหาร malt agar ที่เติมกรดแลกติกร้อยละ 80 ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำรอจนอาหารแข็งแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ จากนั้นนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนับจำนวนยีสต์ และรา รายงานผลจำนวนยีสต์ และราเฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี แล้วนำเสนอในรูปแบบ log cfu/g

3) ตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ *S. aureus*

ตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ *S. aureus* โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก BAM (2001) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งหนัก 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเปปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) และใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร baird parker ที่เติม potassium tellurite ร้อยละ 1 และไข่แดง ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ แล้วใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้น spread ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ จากนั้นนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนเชื้อ *S. aureus* รายงานผลจำนวนเชื้อ *S. aureus* เฉพาะจานเพาะเชื้อ ที่มีจำนวนระหว่าง 30 - 300 โคโลนี แล้วนำเสนอในรูปแบบ log cfu/g การทดสอบการสร้างเอนไซม์ของ *S. aureus* โดยการถ่ายเชื้อลงใน brain heart infusion broth (BHI broth) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วหลอดละ 0.30 มิลลิลิตร เขี่ยโคโลนีที่สงสัยว่าเป็น *S. aureus* เพาะเชื้อในหลอดที่มี BHI broth และหลอดอาหาร TSA slant (สำหรับการทดสอบซ้ำ) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ดูด coagulase plasma ปริมาตร 0.30 มิลลิลิตร ลงในหลอดเพาะเชื้อที่มี BHI broth นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง อ่านผลโดยดูการแข็งตัวของ plasma อันเนื่องมาจากเอนไซม์ coagulase (coagulase positive) ที่เชื้อ *S. aureus* สร้างขึ้นซึ่งอาจจะมีลักษณะต่างๆ กัน สำหรับเชื้อที่ให้ coagulase ไม่เท่ากัน

4) ตรวจวิเคราะห์หาแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria)

ตรวจวิเคราะห์หาแบคทีเรียกรดแลคติก โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2006) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งหนัก 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเปปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) และใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร MRS agar ที่เติม $CaCO_3$ (ร้อยละ 0.5) ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ แล้วใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้น spread ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ จากนั้นนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ โดยนับจำนวนโคโลนีที่มีบริเวณใส (clear zone) รอบๆ โคโลนี รายงานผลจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี แล้วนำเสนอในรูปแบบ log cfu/g

หลังจากผ่านกระบวนการหมักครบ 3 วัน นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมาวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ภายหลังการอบแห้งดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.4 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง

1) ร้อยละของผลผลิตหลังการทำแห้ง (Drying yield (%))

คำนวณร้อยละของผลผลิตหลังการทำแห้ง โดยการคำนวณน้ำหนักที่แตกต่างกันของตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งก่อนและหลังการอบแห้งจากสูตร

$$\text{Drying yield (\%)} = \frac{B \times 100}{A}$$

A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

B = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

2) วัดค่าสี (CIE L*a*b*)

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มทดลองละ 2 ชิ้น ขนาด 3×8×0.5 เซนติเมตร นำมาวัดค่าสีในรูปแบบ CIE (L* a* b*) ชิ้นละ 3 จุด ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter MiniScan EZ 4000L (Hunterlab Mini Scan EZ, Germany) ปรับเทียบค่าเครื่อง (calibrate) ด้วยแผ่นสีมาตรฐานก่อนการวัดทุกครั้ง

3) วัดลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์การประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งโดยวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear Force) โดยการใช้หัววัด Warner-Bratzler shear ด้วยเครื่อง Instron (model 1011. USA) ตัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งเป็นชิ้นขนาด 1×3×0.5 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ และวัดด้วยเครื่อง Instron บันทึกค่าแรงตัดผ่านเนื้อโดยนำเสนอในรูปแบบนิวตัน (N)

3.5.1.5 วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งหลังการอบแห้ง

ทำการวัดค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และศึกษาการแยกโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE ดังวิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยหาปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และการวิเคราะห์ไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำดังวิธีต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ปริมาณความชื้น (Moisture content)

การหาปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้งตามวิธีที่อ้างอิงจาก AOAC (2000) โดยการอบกระป๋องอลูมิเนียม (Moisture can) พร้อมฝาปิดในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำกระป๋องอลูมิเนียมออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักของกระป๋องอลูมิเนียม จากนั้นทำการบดตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนปริมาณ 2 ± 0.01 กรัม ใส่ในกระป๋องอลูมิเนียมและนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ทำการอบ 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลานำออกมาใส่ในโถดูดความชื้น 30 นาที หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักหลังอบ คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%w/w)} = \frac{(A - B)\times 100}{A}$$

A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

B = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

2) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity, a_w)

การวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้งทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ปริมาณ 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับใช้วิเคราะห์ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (Novasina, Switzerland) แล้วบันทึกค่าที่ได้ โดยทำการปรับเทียบค่าเครื่อง (calibrate) ตามวิธีการในคู่มือสำหรับใช้เครื่องก่อนทำการวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้

3) การวิเคราะห์ไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำ

การวิเคราะห์ไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง โดยเตรียมตัวอย่างตามวิธีการของ Kim *et al.* (2010) โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้งแช่แข็งที่ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze-dried) เป็นเวลา 3-5 วัน จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมได้หาค่าไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำ ตามวิธีการจากคู่มือการใช้งานของเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Novasina, Switzerland) ด้วยสารละลายเกลืออิ่มตัวมาตรฐานที่ใช้ได้แก่ LiCl (a_w = 0.19), $MgCl_2$ (a_w = 0.37), $Mg(NO_3)_2$ (a_w = 0.53), NaCl (a_w = 0.75), $Ba(Cl)_2 \cdot 2H_2O$ (a_w = 0.90) และ K_2SO_4 (a_w = 0.97) แสดงผลด้วยกราฟความผันแปรระหว่างค่าวอเตอร์แอคติวิตี้กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของตัวอย่าง จากนั้นชั่งตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 1 กรัม ใส่ลงในตะกร้าขนาดเล็กบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำไปวางบนสารละลายเกลืออิ่มตัวมาตรฐานแต่ละชนิด ทำการบันทึกค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และชั่งน้ำหนักตัวอย่างทุกๆ 2 ชั่วโมง คำนวณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นได้เป็นปริมาณความชื้น และนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้

3.5.1.6 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง

ตรวจจุลินทรีย์ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา เชื้อ *S.aureus* และแบคทีเรียกรดแลคติกตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

3.5.1.7 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งกลุ่มควบคุม (ไม่เติมกลีเซอรอล) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 ด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี ลักษณะปรากฏเนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความเปรี้ยว และลักษณะโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point hedonic scale (Meilgaard *et al.* 1987) โดยใช้คะแนนความชอบ 7 ระดับ ตั้งแต่ 1-7 ดังต่อไปนี้

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

จำนวนผู้ทำการทดสอบทั้งหมด 90 คน อาชีพอาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อุณหภูมิของตัวอย่างที่ใช้ประเมินเท่ากับอุณหภูมิห้องเตรียมตัวอย่างโดยตัดเป็นชิ้นขนาด 3×3×0.5 เซนติเมตร ในการทดสอบจะเสิร์ฟตัวอย่างผลิตภัณฑ์ครั้งละ 3 ตัวอย่าง ที่ระบุด้วยชุดตัวเลขสุ่ม (random numbers) โดยผู้ทดสอบได้รับคำแนะนำให้กรุณากลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก และก่อนชิมตัวอย่างถัดไปควรเคี้ยวแครกเกอร์รสจืดเล็กน้อย ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อยเพื่อชะล้างกลิ่นรสในปาก (สามารถบ้วนทิ้งลงในถ้วยสูงที่เตรียมไว้ให้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ศึกษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมกลีเซอรอล) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 ทำการเติมเชื้อที่ต้องการศึกษาที่มีความเข้มข้น 5 log cfu/g ในแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยตรวจเชื้อก่อนการเติมเชื้อ ภายหลังการเติมเชื้อ ภายหลังกระบวนการหมัก และภายหลังการอบแห้ง

3.5.2.1 การเตรียมเชื้อที่ศึกษา

การทดลองนี้ศึกษาการมีชีวิตรอดของแบคทีเรียก่อโรค 3 สายพันธุ์ได้แก่ *S. aureus*, *Salmonella* sp. และ *E. coli* จากห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์เนื้อสัตว์ โดยทำการจัดเก็บ stock culture ไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เมื่อต้องการทำการทดลองนำ stock culture มาละลายน้ำแข็ง และทำการเจริญเติบโตบนอาหาร tryptic soy broth ที่เติม yeast extract สำหรับเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ส่วนเชื้อ *Salmonella* sp. ทำการเจริญเติบโตบนอาหาร nutrient broth จากนั้นนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมงเพื่อให้เชื้ออยู่ในสภาวะ late log phase ตามวิธีของ Tangwatcharin *et al.* (2006) เขี่ยแบคทีเรีย 2-3 โคโลนี มาใส่ในสารละลายเปปโทนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปรับให้มีความขุ่นเท่ากับ 0.5 McFarland (ประมาณ 8 log cfu/ml) จากนั้นทำการเจือจางที่ความเข้มข้นต่างกันเพื่อใช้ในการศึกษา โดยที่ระดับความเข้มข้นสุดท้ายในช่วง 4×10^5 - 6×10^5 cfu/ml

3.5.2.2 ศึกษาการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

ศึกษาการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งโดยทำการเติมเชื้อ *S. aureus* ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 log cfu/g ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *S. aureus* เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งก่อนการทำให้สุก จากนั้นวิเคราะห์หาจำนวนการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S. aureus* ในแหนมสุกรแก่ขึ้นรูปกึ่งแห้งตามวิธีการของ BAM (2001) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งหนัก 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเปปโทนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่าง จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร baird parker สำหรับตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ *S. aureus* ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ แล้วใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้นทำการ spread ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อโดยเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนับโคโลนีเชื้อ *S. aureus* บนจานเพาะเชื้อรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี แล้วนำเสนอในรูปแบบ log cfu/g จากนั้นยืนยันผลเชื้อ *S. aureus* ที่เจริญบนอาหาร braid parker โดยวิธีทางชีวเคมีทำการถ่ายเชื้อลงใน brain heart infusion broth (BHI broth) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว หลอดละ 0.30 มิลลิลิตร เขี่ยโคโลนีที่สงสัยว่าเป็น *S. aureus* เพาะเชื้อในหลอดที่มี BHI broth และหลอดอาหาร TSA slant (สำหรับการทดสอบซ้ำ) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ดูด coagulase plasma ปริมาตร 0.30 มิลลิลิตร ลงในหลอดเพาะเชื้อที่มี BHI broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง อ่านผลโดยดูการแข็งตัวของ plasma อันเนื่องมาจากเอนไซม์ coagulase (coagulase positive) ที่เชื้อ *S. aureus* สร้างขึ้น ซึ่งอาจจะมีลักษณะต่างๆ กัน

3.5.2.3 ศึกษาการมีชีวิตรอดของเชื้อ *Salmonella* sp. ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

ศึกษาการมีชีวิตรอดของเชื้อ *Salmonella* sp. ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง ทำการเติมเชื้อ *Salmonella* sp. ความเข้มข้นเริ่มต้น 3 log cfu/g ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งตรวจสอบปริมาณเชื้อที่มีชีวิตรอดตามวิธีการของ AOAC (1995) ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *Salmonella* sp. เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งก่อนการทำให้สุก โดยชั่งตัวอย่าง 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเปปโทนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่าง จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร XLD agar สำหรับตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ *Salmonella* sp. ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ แล้วใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้น spread ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อโดยเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนับโคโลนีเชื้อ *Salmonella* sp. บนจานเพาะเชื้อรายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี แล้วนำเสนอในรูปแบบ log cfu/g

3.5.2.4 ศึกษาการมีชีวิตรอดของเชื้อ *E. coli* ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

ศึกษาการมีชีวิตรอดของเชื้อ *E. coli* ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งโดยทำการเติมเชื้อ *E. coli* ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 log cfu/gในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *E. coli* เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งก่อนการทำให้สุก นำตัวอย่างแหนมกึ่งแห้งวิเคราะห์หาจำนวนการมีชีวิตรอดของ *E. coli* ในเนื้อผลิตภัณฑ์ที่สุกแล้วตามวิธีการของ AOAC (2006) โดยชั่งตัวอย่าง 25 ± 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรัม ในสารละลายเปปโทนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่าง จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อ ที่มีอาหาร chromocult agar สำหรับตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ *E. coli* แล้วใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้น spread ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อโดยเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง รายงานผลจำนวนเชื้อ *E. coli* เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี แล้วนำเสนอในรูปแบบ log cfu/g

3.5.3 ศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

เลือกสูตรผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่สรุปได้จากการทดลองที่ 1 และ 2 มาเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มีรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ 1) บรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum package) 2) บรรจุแบบมีอากาศภายในถุงมีวัตถุดูดซับออกซิเจน (aerobic package) โดยศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน มีการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาทุก 2 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส

3.5.3.1 วิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

ทำการวัดค่าสี และวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือนตามวิธีการทดลองที่ได้กล่าวไว้ในการทดลองที่ 1 และวัดค่าความสดใส (Chroma) ค่าองศาของสี (Hue angle) และ ค่าดรรชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ตามวิธีการต่อไปนี้

การวิเคราะห์ค่าความสดใส (Chroma) ค่าองศาของสี (Hue angle) และค่าดรรชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index)

วิเคราะห์ค่าความสดใส ค่าองศาของสี และค่าดรรชนีการเกิดสีน้ำตาล ตามวิธีการอ้างอิงจาก Saricoban *et al.* (2010) โดยนำค่าความสว่าง (Lightness, L*) ค่าสีแดง (Redness, a*) และ ค่าสีเหลือง (Yellowness, b*) ที่ทำการวัดด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter MiniScan EZ 4000L (Hunterlab Mini Scan EZ, Germany) นำมาใช้สำหรับคำนวณหาค่าความสดใส (1) ค่าองศาของสี (2) และค่าดรรชนีการเกิดสีน้ำตาล (3) จากสูตร ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

$$\text{Browning index} = \frac{[100 \times (X - 0.31)]}{0.17} \quad (3)$$

$$\text{โดย } X = \frac{(a^{*} + 1.75 \times L^{*})}{(5.645 \times L^{*} + a^{*} - 3.012 \times b^{*})}$$

3.5.3.2 วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

ทำการวัดค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และการแยกโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE ตามวิธีการที่ได้กล่าวไว้ในการทดลองที่ 1 และหาค่า TBARs ตามวิธีการต่อไปนี้

ศึกษาการออกซิเดชันของไขมันโดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs)

การศึกษาการออกซิเดชันของไขมันโดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs) ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง ตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีของ Buege and Aust (1987) โดยการชั่งตัวอย่างจำนวน 2 กรัม ใส่ในหลอดหลอดทดลองชนิดหมุนเหวี่ยง (centrifugal tube) ขนาด 50 มิลลิลิตร และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นใส่สารละลาย TBA ปริมาณ 10 มิลลิลิตรนำไป Homogenize ที่ความเร็วรอบ 9500 g เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นให้ความร้อนในน้ำเดือด (95-100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นโดยการเปิดน้ำไหลผ่าน และนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 2000 g เป็นเวลา 15 นาที เก็บสารละลายส่วนใสไปทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank จากนั้นคำนวณค่าความเข้มข้นของ TBARs ที่ได้โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร 1,3,3,3 tetra-ethoxypropane และคำนวณหาค่า TBARs ที่แสดงในหน่วย มิลลิกรัมของมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง (mg MDA/kg sample)

3.5.3.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

ตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา เชื้อ *S. aureus* และแบคทีเรียกรดแลคติก ตามวิธีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นในการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.4 วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

1) วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยทำการทดสอบการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis, QDA)

วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยทำการทดสอบการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบแบบวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ โดยใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝน (trained panel) มาเป็นอย่างดีแล้วจำนวน 10 คน เป็นอาจารย์ และนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยี การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยประเมินคุณลักษณะ (attributes) ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 ด้านได้แก่ กลิ่นแหนม กลิ่นหืน ลักษณะปรากฏด้านสีโดยประเมินความซีดหรือคล้ำ ความแข็ง ความสามารถในการเคี้ยว และความเปรี้ยว เตรียมตัวอย่างโดยตัดเป็นชิ้นขนาด 3×3×0.5 เซนติเมตร เพื่อประเมินคุณลักษณะด้านกลิ่นแหนม กลิ่นหืน ความซีดหรือคล้ำ และความแข็ง และตัดตัวอย่างขนาด 2×2×0.5 เซนติเมตร เพื่อประเมินคุณลักษณะด้านความเคี้ยวได้ และความเปรี้ยว ในการทดสอบจะเสิร์ฟตัวอย่างผลิตภัณฑ์ครั้งละ 2 ตัวอย่าง (การบรรจุต่างกัน) ตัวอย่างละ 3 ชิ้น ที่ระบุด้วยชุดตัวเลขสุ่ม (random numbers)

2) วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบของผู้บริโภค

ทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง โดยคุณลักษณะที่ประเมินได้แก่ ด้านสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความเปรี้ยว และลักษณะโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point hedonic scale ดังที่กล่าวมาแล้วในการทดลองที่ 1 โดยมีผู้ทำการทดสอบทั้งหมด 30 คน อาชีพอาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อุณหภูมิของตัวอย่างที่ใช้ประเมินเท่ากับอุณหภูมิห้องเตรียมตัวอย่างโดยตัดเป็นชิ้นขนาด 3×3×0.5 เซนติเมตร ในการทดสอบจะเสิร์ฟตัวอย่างผลิตภัณฑ์ครั้งละ 2 ตัวอย่าง (การบรรจุต่างกัน) ที่ระบุด้วยชุดตัวเลขสุ่ม (random numbers) โดยผู้ทดสอบได้รับคำแนะนำให้กรุณากลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก และก่อนชิมตัวอย่างถัดไปควรเคี้ยวแครกเกอร์รสจืดเล็กน้อย ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อยเพื่อชะล้างกลิ่นรสในปาก (สามารถบ้วนทิ้งลงในถ้วยสูงที่เตรียมไว้ให้) การประเมินจะเสร็จสิ้นลงเมื่อผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในระดับที่ไม่ชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

หลังจากได้ผลิตภัณฑ์แหนมขึ้นรูปที่มีคุณภาพทางด้านการบริโภค (สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส) และมีความปลอดภัยทางด้านการบริโภครวมทั้งมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมแล้วผลิตภัณฑ์แหนมสุกรแก่ขึ้นรูปกึ่งแห้งที่ได้จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมกลีเซอรอล), กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 โดยวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2005) ประเมินค่าพลังงานจากโปรตีนโดยนำค่าปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้คูณด้วย 4 kcal/g และหาพลังงานจากไขมันโดยนำค่าปริมาณไขมันที่วิเคราะห์ได้คูณด้วย 9 kcal/g และพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตโดยนำค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่วิเคราะห์ได้คูณด้วย 4 kcal/g โดยรายงานผลในหน่วยกิโลแคลลอรี่ต่อหนึ่งร้อยกรัมของตัวอย่าง (kcal/100 g) (USDA. 2005)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการทดลองที่ 1, 2 และ 4 วิเคราะห์ข้อมูลโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่ากลางระหว่างหน่วยทดลองโดยการวิเคราะห์ผ่านค่าความแปรปรวน (Variance) หรือ Analysis of Variance (ANOVA) ซึ่งวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5: SPSS Inc.) ในการทดลองที่ 3 เปรียบเทียบลักษณะของทั้งสองกลุ่มการทดลองโดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบ t-test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5: SPSS Inc.) (Steel and Torrie. 1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่ผลิตจากวัตถุดิบเนื้อแม่สุกรปลดระวางซึ่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียว เนื่องจากมีเส้นใยกล้ามเนื้อหยาบ มีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และการ cross-link ของคอลลาเจนที่มากกว่าเนื้อสัตว์ปกติที่มีอายุน้อย (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) ซึ่งในกรณีของการผลิตผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบเนื้อสัตว์แบบสดที่ไม่ผ่านการแช่แข็งมาก่อน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี อย่างไรก็ตามเนื้อจากแม่สุกรปลดระวางมีลักษณะเหนียว จึงมีข้อจำกัดทางด้านเนื้อสัมผัส (Sumon and Yaigate. 2010) ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการนำกลีเซอรอลมาใช้เพื่อช่วยในการจับกับน้ำ และปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยศึกษาความเข้มข้น 3 ระดับ คือกลุ่มควบคุม (ไม่เติมกลีเซอรอล) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 ทำการศึกษาคุณภาพทางด้าน เคมี-กายภาพ และจุลินทรีย์ และนำไปศึกษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรียก่อโรค ได้แก่ *S. aureus*, *E. coli* และ *Salmonell*a sp. จากนั้นศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยเปรียบเทียบการบรรจุ 2 แบบ ได้แก่ บรรจุแบบสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจน ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

4.1 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างกระบวนการหมักแหนมและภายหลังจากการนำไปอบแห้ง

จากการศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างกระบวนการหมักแหนมและภายหลังจากการนำไปอบแห้ง จากวิธีการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.1 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพ ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างกระบวนการหมัก

4.1.1.1 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดด่างของแหนมที่เติมกลีเซอรอลความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ พบว่า ณ วันที่ 1-3 ของกระบวนการหมัก เมื่อเติมกลีเซอรอลที่ระดับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างในผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.1) ในขณะที่ ณ วันที่ 0 ของกระบวนการหมักการเติมกลีเซอรอลความเข้มข้นสูงขึ้นไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.98-6.00 ($P>0.05$) ทั้งนี้อธิบายได้ 2 สาเหตุคือเนื่องจากคุณสมบัติของกลีเซอรอลที่สูตรโครงสร้างมีหมู่ไฮดรอกซิลถึง 3 หมู่ทำให้มีโอกาสที่จะไปจับกับโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Pagliaro and Rossi. 2010) เป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น โดย Lonergan and Lonergan (2005) กล่าวว่าค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมในเนื้อสัตว์ที่มีค่าต่ำ ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์น้อยลง และมีค่าการสูญเสียน้ำสูง ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลมีค่าความเป็นกรดด่างสูงขึ้น นอกจากนี้การเติมกลีเซอรอลอาจเป็นสาเหตุทำให้กระบวนการหมักแหนมเกิดขึ้นช้าลง ซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรดด่างในผลิตภัณฑ์มีค่าอย่างไรก็ตามพบว่าจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติคจากตารางที่ 4.4 ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการเติมกลีเซอรอลจึงไม่มีผลต่อกระบวนการหมักแหนม

ตารางที่ 4.1 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
ค่าความเป็นกรดด่าง	0	$5.98 \pm 0.08^{a,A}$	$6.11 \pm 0.25^{a,A}$	$6.00 \pm 0.10^{a,A}$
	1	$4.70 \pm 0.26^{c,B}$	$5.13 \pm 0.34^{ab,B}$	$5.62 \pm 0.18^{a,A}$
	2	$4.60 \pm 0.05^{b,B}$	$4.68 \pm 0.08^{b,C}$	$4.96 \pm 0.12^{a,B}$
	3	$4.51 \pm 0.08^{b,B}$	$4.65 \pm 0.09^{b,C}$	$4.89 \pm 0.07^{a,B}$
ปริมาณกรดทั้งหมด	0	$0.82 \pm 0.30^{a,B}$	$0.83 \pm 0.23^{a,B}$	$0.85 \pm 0.25^{a,B}$
	1	$1.28 \pm 0.18^{a,A}$	$1.19 \pm 0.16^{a,AB}$	$1.08 \pm 0.22^{a,AB}$
	2	$1.51 \pm 0.27^{a,A}$	$1.28 \pm 0.23^{a,A}$	$1.17 \pm 0.26^{a,AB}$
	3	$1.69 \pm 0.18^{a,A}$	$1.49 \pm 0.17^{a,A}$	$1.38 \pm 0.27^{a,A}$

^{abc} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{ABC} ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ในการศึกษาผลของระยะเวลาต่อกระบวนการหมักแหนมพบว่าค่าความเป็นกรดด่างของแหนมวันแรกมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อสุกร (ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อสุกรเท่ากับ 5.42-6.26) (Holmer *et al.* 2008) โดยในวันแรกยังไม่เกิดกระบวนการหมักแหนม ซึ่งกระบวนการหมักนั้นเกิดขึ้นได้โดยอาศัยจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียกรดแลกติกที่มีอยู่ในวัตถุดิบเนื้อสัตว์ที่ผลิตกรดแลกติกออกมาทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง (Ratanaburee *et al.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2013) ซึ่งจากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 พบว่าในวันที่ 3 ของการหมักค่าความเป็นกรดด่างของแหนมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในทุกกลุ่มการทดลอง ซึ่งโดยปกติแล้วแหนมจะมีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 4.4-4.8 และมีค่าปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ที่ร้อยละ 0.77-1.60 กระบวนการหมักแหนมเกิดขึ้นโดยเชื้อเริ่มต้นที่มีอยู่ในแหนมที่มาจากวัตถุดิบเนื้อสัตว์ได้แก่ แบคทีเรียกรดแลคติก (LAB) สายพันธุ์ *Lactobacilli* (*L. plantarum*, *L. pentosus* และ *L. sake*) และ *pediococci* (*P. acidilactici* และ *P. pentosaceus*) กลไกการหมักคือ เชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกจะผลิตกรดอินทรีย์จากคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสาเหตุให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง ทำให้แหนมมีกลิ่นรสเปรี้ยว และยังช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคได้ (Visessanguan *et al.* 2003) จากผลการทดลองข้างต้นเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าความเป็นกรดด่าง 4.89 ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าค่าที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของแหนม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน145. 2546) ซึ่งกำหนดว่าแหนมที่ผ่านการหมักเป็นระยะเวลา 3 วัน ควรมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.6 ทั้งนี้ Nørrung *et al.* (2009) รายงานว่าค่าความเป็นกรดด่างสูงนั้นมักส่งผลต่อความปลอดภัยในการบริโภคแหนมที่ยังไม่ผ่านความร้อน โดยอาจทำให้แบคทีเรียก่อโรคที่ปนเปื้อนมาในวัตถุดิบสามารถมีชีวิตรอดในผลิตภัณฑ์แหนม เช่น *S. aureus* เจริญได้อยู่ในช่วงค่าความเป็นกรดด่าง 4.0 -10.0 นอกจากนี้ยังมีเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่สามารถพบได้ในแหนมเช่น จากการศึกษาของ Lahti *et al.* (2001) รายงานว่า *E. coli* O157 : H7 และ *L. monocytogenes* สามารถมีชีวิตอยู่รอดในที่มีสภาวะค่าความเป็นกรดด่างต่ำ และความเข้มข้นของไนไตร์ทสูงในการหมักเนื้อ สุมณฑา วัฒนสินธุ์ (2545) รายงานว่าเชื้อ *Salmonella* sp. สามารถมีชีวิตรอดในค่าความเป็นกรดด่าง 4.0-9.0 อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ได้มีการนำกระบวนการให้ความร้อนมาใช้ภายหลังการหมักแหนมเพื่อทำลายแบคทีเรียก่อโรคที่อาจปนเปื้อนในแหนม เพื่อทำให้เกิดความมั่นใจในด้านความปลอดภัยต่อการนำผลิตภัณฑ์แหนมไปบริโภคถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์จะมีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 4.6 ก็ตาม

การศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดพบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตลอดระยะเวลาการหมักแหนม ดังแสดงในตารางที่ 4.1 อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลพบปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่างของแหนมที่มีเพิ่มขึ้นเมื่อเติมกลีเซอรอลดังเหตุผลที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น และเมื่อศึกษาระยะเวลาในการหมักแหนมพบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักแหนมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Visessanguan *et al.* (2004) ที่รายงานว่าค่าปริมาณกรดทั้งหมดของแหนมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักแหนมเพิ่มขึ้น โดยมีค่าคงที่ ณ ชั่วโมงที่ 60 ของกระบวนการหมักแหนม โดยปริมาณกรดทั้งหมดของแหนมเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 0.77–1.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมัก

จากการศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมัก ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่เติมกลีเซอรอลความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับได้แก่ ร้อยละ 0, 5 และ 10 พบว่าเมื่อปรับระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลให้สูงขึ้นสามารถลดค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.2 โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 พบว่าค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักทั้งสองกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้การลดลงของค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมกลีเซอรอลสอดคล้องกับคุณสมบัติของกลีเซอรอลที่ได้อธิบายแล้วข้างต้น

เมื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักต่อค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักพบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นทุกกลุ่มการทดลองมีผลไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ณ วันที่ 3 ของกระบวนการหมักในกลุ่มควบคุมมีค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักเพิ่มขึ้นจาก 1.54 เป็น 9.46 กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 มีค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักเพิ่มขึ้นจาก 1.25 เป็น 5.07 และกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักเพิ่มขึ้นจาก 1.07 เป็น 2.55 ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการรายงานของ Visessanguan *et al.* (2006) ที่รายงานว่า เมื่อระยะเวลาการหมักแหนมเพิ่มขึ้นส่งผลให้แหนมมีการสูญเสียน้ำมากขึ้น เนื่องจากการสลายโปรตีน และการสูญเสียสภาพของโปรตีนในแหนมระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งกลไกดังกล่าวยังไม่เป็นที่แน่ชัด และอาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด และค่าความเป็นกรดด่างของแหนมที่มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักของแหนม ในระหว่างกระบวนการหมักนั้นสอดคล้องกับผลของค่าความเป็นกรดด่าง ของแหนมมีค่าลดลงในระหว่างกระบวนการหมักดังตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อแหนมมีสภาวะที่เป็นกรดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าร้อยละของน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักของแหนมเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน เหตุผลนี้สอดคล้องกับการรายงานของ Visessanguan *et al.* (2004) ที่กล่าวว่าสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำ มีผลต่อการย่อยสลายของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้ไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้เป็นผลทำให้มีน้ำเยิ้มออกมาเป็นปริมาณมาก ดังนั้นเมื่อกระบวนการหมักเกิดขึ้นสมบูรณ์ส่งผลให้แหนมมีค่าความเป็นกรดด่างลดลง เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียน้ำออกมาจากผลิตภัณฑ์มากขึ้นนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
1	$1.54 \pm 0.12^{a,C}$	$1.25 \pm 0.25^{ab,B}$	$1.07 \pm 0.16^{b,B}$
2	$4.64 \pm 0.49^{a,B}$	$3.77 \pm 0.52^{a,B}$	$2.13 \pm 0.62^{b,A}$
3	$9.46 \pm 0.39^{a,A}$	$5.07 \pm 0.20^{b,A}$	$2.55 \pm 0.23^{c,A}$

^{abc} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{ABC} ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.1.1.3 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าสี (color)

จากการศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างกระบวนการหมักพบว่า ณ วันแรกของกระบวนการหมักการเติมกลีเซอรอลไม่ส่งผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ (L*) ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 แต่เมื่อกระบวนการหมักเกิดขึ้น ณ วันที่ 2-3 ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันคือ ค่าความสว่างของกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Kim *et al.* (2010) ที่กล่าวว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อสุกรส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลงต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีค่าความสว่างสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น แบคทีเรียกรดแลกติกที่มีอยู่ในแหนมจะสร้างกรดแลกติกออกมามากขึ้นซึ่งกรดที่ถูกสร้างขึ้นนั้นจะทำให้โปรตีนในเนื้อสัตว์เกิดการเสียสภาพธรรมชาติ โดยส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลง และมีน้ำซึมออกมาที่ผิวของผลิตภัณฑ์มากขึ้น (Visessanguan *et al.* 2005) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติในการกระเจิงแสง (light scattering properties) เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (Visessanguan *et al.* 2003)

ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) จากตารางที่ 4.3 พบว่า ณ วันที่ 0 และ 1 ของการหมัก การเติมกลีเซอรอลไม่ส่งผลต่อค่าสีแดง ($P>0.05$) ในขณะที่วันที่ 2 และ 3 ของการหมักพบว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าสีแดงสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับการรายงานของ Kim *et al.* (2010) ที่กล่าวว่าเมื่อเติมกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 5 ทำให้เจอร์กี้เนื้อสุกรมีค่าสีแดงสูงกว่ากลุ่มควบคุม (ไม่เติมกลีเซอรอล) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาด้านระยะเวลาในการหมักพบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตลอดระยะเวลาการหมัก ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Visessanguan *et al.* (2004) ที่ได้รายงานว่าในระหว่างกระบวนการหมัก ค่าความสว่างจะมีค่าลดลงในช่วง 12 ชั่วโมง และจากนั้นจะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดในช่วง 36 ชั่วโมงของการหมัก และมีการเพิ่มขึ้นของค่าสีแดง แสดงให้เห็นว่าแหนมมี

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะสีแดงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 12 ชั่วโมงของการหมัก ซึ่งค่าสีแดงของแหนมที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากไนโตรซิลไมโอโกลบินซึ่งเป็นเม็ดสีที่พบได้ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ไม่ผ่านการปรุงสุก

ตารางที่ 4.3 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าสีในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

ค่าสี	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
ความสว่าง (L*)	0	$23.74 \pm 0.60^{a,D}$	$24.06 \pm 1.19^{a,D}$	$25.15 \pm 0.84^{a,A}$
	1	$33.40 \pm 0.39^{a,C}$	$30.36 \pm 1.15^{b,C}$	$31.05 \pm 1.06^{a,C}$
	2	$41.04 \pm 0.23^{a,B}$	$37.05 \pm 1.23^{b,B}$	$34.19 \pm 0.98^{c,B}$
	3	$44.03 \pm 0.53^{a,A}$	$41.19 \pm 0.78^{ab,A}$	$38.59 \pm 0.92^{c,A}$
ค่าสีแดง (a*)	0	$14.91 \pm 0.79^{a,B}$	$15.07 \pm 0.21^{a,C}$	$15.84 \pm 0.13^{a,B}$
	1	$14.23 \pm 1.03^{a,AB}$	$15.30 \pm 0.33^{a,C}$	$16.06 \pm 0.17^{a,B}$
	2	$15.12 \pm 0.58^{b,A}$	$16.20 \pm 0.08^{ab,B}$	$16.91 \pm 0.06^{a,A}$
	3	$16.04 \pm 0.45^{c,A}$	$17.00 \pm 0.42^{ab,A}$	$17.56 \pm 0.12^{a,A}$
ค่าสีเหลือง (b*)	0	$16.06 \pm 0.80^{a,A}$	$17.15 \pm 1.38^{a,A}$	$17.99 \pm 0.20^{a,A}$
	1	$14.09 \pm 0.21^{a,A}$	$14.10 \pm 0.60^{a,B}$	$16.12 \pm 1.46^{a,B}$
	2	$13.69 \pm 0.31^{b,C}$	$12.24 \pm 0.25^{a,B}$	$14.54 \pm 0.17^{a,BC}$
	3	$12.87 \pm 0.12^{b,A}$	$9.93 \pm 0.20^{b,C}$	$13.90 \pm 0.05^{a,C}$

[abc] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[ABCD] ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

นอกจากนี้การเติมกลีเซอรอลไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ในช่วงวันที่ 0 และ 1 ของการหมัก อย่างไรก็ตามวันที่ 2 และ 3 ของการหมักกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลมีค่าสีเหลืองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) ผลการทดลองขัดแย้งกับการรายงานของ Kim *et al.* (2010) ที่กล่าวว่าเมื่อเติมกลีเซอรอลในเจอร์กี้เนื้อสุกรพบว่าค่าสีเหลืองมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาในด้านของระยะเวลาในการหมักพบว่าหลังจากกระบวนการหมัก 3 วันแหนมมีค่าสีเหลืองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าต่ำกว่าวันที่ 0 ของการหมักในทุกกลุ่มการทดลอง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการรายงานของ Visessanguan *et al.* (2004) ที่กล่าวว่าค่าสีเหลืองของแหนมจะค่อยๆ ลดลงที่เวลา 24 ชั่วโมงของการหมัก และจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไป 36 ชั่วโมง ซึ่งผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงสีของแหนมในระหว่างกระบวนการหมัก

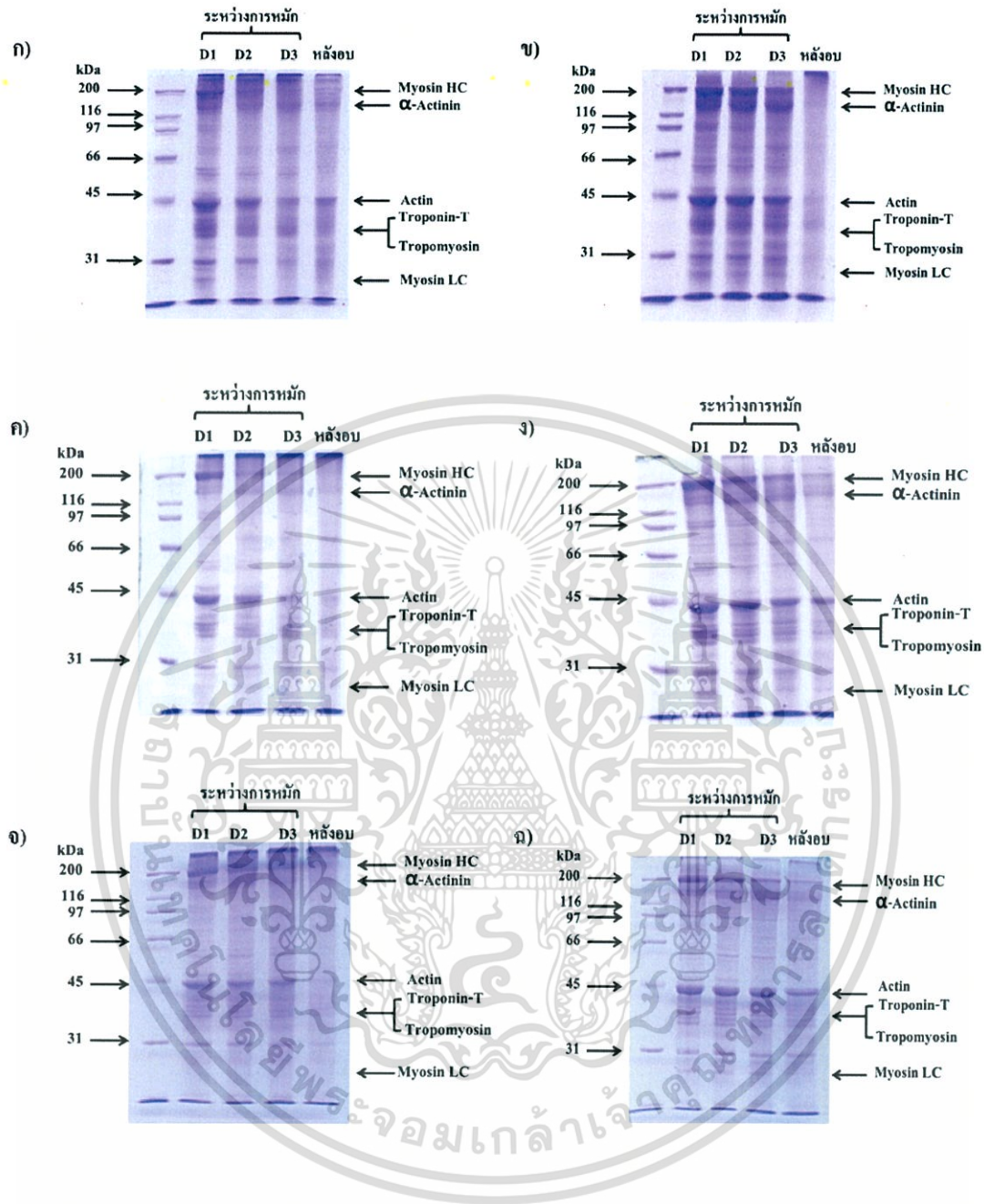
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกับการรายงานของ Visessanguan *et al.* (2006) ที่กล่าวว่าในระหว่างกระบวนการหมักแหนมเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีได้แก่ ค่าความสว่าง และค่าสีแดงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่าสีเหลืองมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลจากจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น ทำให้สร้างกรดในปริมาณมากขึ้น รวมถึงการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนและการละลายของไนโตรโซฮีโมโกลบิน

4.1.1.4 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อรูปแบบของโปรตีน

จากการศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อรูปแบบของโปรตีนของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง โดยการแยกโปรตีนด้วยกระแสไฟฟ้าภายใต้เทคนิค SDS-PAGE (ภาพที่ 4.1) ภาพรวมรูปแบบของโปรตีนจากผลิตภัณฑ์กลุ่มควบคุม (ก และ ข) ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 (ค และ ง) และผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 (จ และ ฉ) ทั้งที่เตรียมในสภาวะนอน-รีดิวซิ่ง (non-reducing condition) และสภาวะรีดิวซิ่ง (reducing condition) จะเห็นว่าในช่วง 3 วันของการหมักจะพบการย่อยสลายของไมโอซิน (myosin heavy chain) อันเนื่องมาจากแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacterial) มีความสามารถในการย่อยโปรตีน อีกทั้งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักยังช่วยเสริมการย่อยสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อสัตว์ได้อีกด้วย (Kato *et al.* 1994) โดยอาจไปมีผลเร่งกิจกรรมการทำงานของเอ็นไซม์คาเทปซินที่มีอยู่แล้วในเนื้อสัตว์ (endogenous cathepsins) ให้ทำงานได้ดีขึ้น (Molly *et al.* 1997) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะเจลอิเล็คโทรฟอริซิส ภาพที่ (ข) (ง) และ (ฉ) จะเห็นว่าลักษณะรูปแบบโปรตีนที่เตรียมจากผลิตภัณฑ์กลุ่มควบคุม (ข) จะมีแถบของโปรตีนที่มีขนาดใหญ่กว่า 200 kDa อยู่ในสัดส่วนที่มาก ในขณะที่ลักษณะรูปแบบของโปรตีนที่เตรียมจากผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 (ง) และผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 (ฉ) จะมีแถบโปรตีนที่มีขนาดมากกว่า 200 kDa ในสัดส่วนที่น้อยมาก อีกทั้งสามารถตรวจพบแถบโปรตีนไมโอซิน (myosin heavy chain) และแอคติน (actin) ได้ชัดเจนกว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มควบคุม ผลเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการเติมกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง มีผลช่วยป้องกันการเกาะตัวกันของโปรตีนในระหว่างการอบแห้งอันจะนำไปสู่การลดการเกิดแถบของโปรตีนที่มีขนาดมากกว่า 200 kDa โดยผลของกลีเซอรอลจะมีศักยภาพในการให้ความยืดหยุ่นกับโครงสร้างของโปรตีน (plasticize the protein matrix) (Barrett *et al.* 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 รูปแบบของโปรตีนที่ผ่านการแยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE ของตัวอย่างกลุ่มควบคุม (ก และ ข) ตัวอย่างกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 (ค และ ง) และตัวอย่างกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 (จ และ ฉ) ที่เตรียมตัวอย่างในสภาวะนอน-รีดิวซิ่ง (non-reducing condition) (ซ้าย) และสภาวะรีดิวซิ่ง (reducing condition) (ขวา) (D1 = วันที่ 1 ของการหมัก, D2 = วันที่ 2 ของการหมัก, D3 = วันที่ 3 ของการหมัก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างกระบวนการหมัก

4.1.2.1 จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก

จากการศึกษาจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่เติมกลีเซอรอลความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ พบว่า ณ วันที่ 0 และ 3 ของกระบวนการหมัก ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกที่ตรวจพบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าการเติมกลีเซอรอลไม่ส่งผลต่อการเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติก เมื่อศึกษาระยะเวลาในการหมักแหนม พบว่าในวันแรกของกระบวนการหมักแหนมจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกเริ่มต้นในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 มีจำนวน 4.89, 4.70 และ 4.42 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อกระบวนการหมักผ่านไป 3 วัน พบว่าจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกของทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้แบคทีเรียกรดแลคติกที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบเนื้อสัตว์สามารถใช้คาร์โบไฮเดรตที่มีในแหนมเพื่อผลิตกรดอินทรีย์ ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างในแหนมลดลง (Visessanguan *et al.* 2004) โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลของค่าความเป็นกรดด่างที่ลดลงในระหว่างกระบวนการหมัก (ตารางที่ 4.1) โดยทั่วไปแบคทีเรียกรดแลกติกนั้นมีบทบาทสำคัญต่ออาหารหมักหลายชนิด เนื่องจากกรดแลคติกที่สร้างขึ้นทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในผลิตภัณฑ์ จึงช่วยชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ยังทำให้แหนมมีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 4.5 และทำให้เกิดกลิ่นรสเปรี้ยว (Pringsulaka *et al.* 2010) ทั้งนี้หลังจากกระบวนการอบแห้งแล้วนั้นพบว่าแบคทีเรียกรดแลกติกในทุกกลุ่มการทดลองลดลงต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (less than limit of detection) โดยมีค่า <1 log cfu/g ซึ่งการอบแห้งในการศึกษานี้ใช้อุณหภูมิสูงถึง 85 องศาเซลเซียส จึงทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกไม่สามารถเจริญได้ เนื่องจากอุณหภูมิที่แบคทีเรียกรดแลคติกสามารถเจริญได้อยู่ในช่วง 2-53 องศาเซลเซียส (Rattanachaikunsopon and Phumkhachorn. 2010)

4.1.2.2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งระหว่างกระบวนการหมักพบว่าการเติมกลีเซอรอลไม่ส่งผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.4 โดยมีจุลินทรีย์เริ่มต้นคือ 5.10, 4.71 และ 4.57 ในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไป 3 วัน พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับวันแรกของการหมัก และภายหลังจากกระบวนการอบแห้งแล้วนั้นพบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดในทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (<1 log cfu/g) ซึ่งการใช้ความร้อนสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาทีสามารถทำลายแบคทีเรียก่อโรคในเนื้อสัตว์ได้ (ACMSF. 2007)

ตารางที่ 4.4 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อจำนวนจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)		
		กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
แบคทีเรียกรดแลคติก	0	$4.89 \pm 0.99^{a,B}$	$4.70 \pm 0.71^{a,B}$	$4.42 \pm 0.21^{a,B}$
	3	$7.63 \pm 0.32^{a,A}$	$7.48 \pm 0.11^{a,A}$	$7.39 \pm 0.06^{a,A}$
	หลังอบแห้ง	<1[†]	<1	<1
จุลินทรีย์ทั้งหมด	0	$5.10 \pm 0.18^{a,A}$	$4.71 \pm 0.39^{a,A}$	$4.57 \pm 0.63^{a,A}$
	3	$4.26 \pm 0.20^{a,A}$	$4.92 \pm 0.21^{a,A}$	$5.24 \pm 0.69^{a,A}$
	หลังอบแห้ง	<1	<1	<1
S. aureus	0	2.69 ± 0.05^{a}	2.67 ± 0.03^{a}	2.65 ± 0.03^{a}
	3	<1	<1	<1
	หลังอบแห้ง	<1	<1	<1
ยีสต์และรา	0	3.97 ± 0.93^{a}	3.95 ± 0.75^{a}	4.09 ± 0.21^{a}
	3	<1	<1	<1
	หลังอบแห้ง	<1	<1	<1

[ab] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[AB] ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[†] <1 log cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

4.1.2.3 จำนวนเชื้อ *S. aureus* และยีสต์รา

จากการศึกษาจำนวนเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปรดระวางกึ่งแห้งที่เติมกลีเซอรอลในระหว่างกระบวนการหมักพบว่าการเติมกลีเซอรอลไม่ส่งผลต่อจำนวนเชื้อ *S. aureus* ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.4 ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาของการหมักแหนมพบว่าจำนวนเชื้อ *S. aureus* วันแรกมีค่า 2.69, 2.67 และ 2.65 log cfu/g ในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ แต่เมื่อกระบวนการหมักผ่านไป 3 วัน และภายหลังจากการอบแห้งพบว่าจำนวนเชื้อ *S. aureus* ในทุกกลุ่มการทดลองลดลงต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (<1 log cfu/g) ซึ่งสาเหตุที่ไม่พบเชื้อ *S. aureus* ภายหลังกระบวนการหมักเนื่องจากการถนอมอาหารโดยกระบวนการหมักอาศัยกลไกการยังยั้งจุลินทรีย์โดยแบคทีเรียกรดแลคติก โดยกระบวนการหมักของแบคทีเรียกรดแลคติกจะได้กรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติก และกรดอะซิติก ซึ่งการสะสมของกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรีย์จะส่งผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค โดยอาศัยฤทธิ์ของกรดที่ไม่แตกตัวในกรดอ่อน เนื่องจากกรดอินทรีย์เมื่ออยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวจะละลายในไขมันทำให้สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ เกิดการสะสมทำให้ค่าความเป็นกรดด่างภายในเซลล์สูงกว่าภายนอกเซลล์ กรดอินทรีย์ที่สะสมภายในเซลล์จะแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออน (hydrogen ion) เป็นจำนวนมาก ไฮโดรเจนอิออนจะไปรบกวนกระบวนการเมทาบอลิซึมของเซลล์แบคทีเรีย ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญต่อจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์จะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่าง ค่าคงที่การแตกตัว (pKa) และความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ โดยกรดอ่อนจะมีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีที่ค่าความเป็นกรดด่างต่ำ โดยกรดแลคติก และกรดอะซิติก จะมีผลต่อการแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ ยีสต์ และรา (De Vuyst and Vandamme. 1994) ในขณะที่ปัจจุบันยังพบการรายงานการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคในแหนมสดที่พบตามท้องตลาด เนื่องจากกระบวนการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐานหรือถูกสุขลักษณะ (Visessanguan *et al.* 2006) ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งจึงช่วยทำให้แหนมมีความปลอดภัยในด้านการบริโภคมากขึ้นเนื่องจากมีการอบแห้งเพื่อทำลายแบคทีเรียก่อโรค ซึ่งเชื้อ *S. aureus* เป็นแบคทีเรียก่อโรคที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในคน โดยถูกทำลายได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 66 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 นาที และไม่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่า 0.80 (Brown. 1982 ; Nørrung *et al.* 2009) ทำให้ผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมีความปลอดภัยต่อแบคทีเรียก่อโรค เนื่องจากมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้อยู่ในระหว่าง 0.68-0.73 ดังตารางที่ 4.5

จากการศึกษาจำนวนเชื้อยีสต์และราพบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนเชื้อยีสต์และราไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีจำนวนเชื้อยีสต์และราเริ่มต้นในวันแรกของการหมักเท่ากับ 3.97, 3.95 และ 4.09 log cfu/g ในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ และเมื่อกระบวนการหมักผ่านไป 3 วันและภายหลังจากกระบวนการอบแห้งพบการลดลงของเชื้อยีสต์และราต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (< 1 log cfu/g) ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งจากข้อกำหนดของหน่วยบริการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหาร (Food Safety and Inspection Service, FSIS) ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (FSIS. 2012) ได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ว่าผลิตภัณฑ์ควรมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้อยู่ในช่วง 0.7-0.85 เพื่อควบคุมการเจริญของเชื้อยีสต์และรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพ ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง

4.1.3.1 ผลของกลีเซอรอลต่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ปริมาณความชื้น และค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำแห้ง

จากการศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้งพบว่าทุกกลุ่มการทดลองผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่า 0.85 ดังตารางที่ 4.5 โดยมีค่าเท่ากับ 0.68, 0.70 และ 0.73 ในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ จากตารางจะเห็นได้ว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมีกระบวนการผลิตที่สำคัญคือกระบวนการหมักส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำในระหว่างกระบวนการหมักดังที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น ซึ่งปริมาณน้ำที่สูญเสียในระหว่างกระบวนการหมักแหนมคือน้ำอิสระ (Visessanguan *et al.* 2005) ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์หรือค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Rockland and Nishi. 1980) มีค่าต่ำลง จากตารางที่ 4.2 ที่แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างกระบวนการหมักต่ำกว่ากลุ่มควบคุม สาเหตุจากคุณสมบัติของกลีเซอรอลที่อธิบายไว้ในตอนต้น จึงส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลรอยค่า 10 มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมนั่นเอง นอกจากนี้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นั้นขึ้นอยู่กับค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้โดย Ingham *et al.* (2006) กล่าวว่าค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้เป็นปัจจัยที่บ่งบอกอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำสามารถช่วยควบคุมการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค ซึ่งแบคทีเรียก่อโรคที่สามารถทนต่อสภาวะที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำได้แก่เชื้อ *S. aureus* ซึ่งมีการตรวจพบเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคในระหว่างเก็บรักษาเนื้อจากเชื้อชนิดนี้สามารถเจริญได้ในผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทานที่บรรจุสุญญากาศและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ที่เหมาะสมต่อการเจริญอยู่ในช่วง 0.68-0.82 ดังนั้นผู้ประกอบการจึงควรใส่ใจด้านความปลอดภัยต่อแบคทีเรียก่อโรค โดยผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับการรายงานของ Chen *et al.* (2000) กล่าวว่าการเติมกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อสุกรทำให้มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำ อยู่ที่ 0.72-0.75 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อยีสต์และรา ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้กับผลิตภัณฑ์ได้

จากการศึกษาปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลความเข้มข้นต่างกันพบว่าการเติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมีค่าสูงขึ้น โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีปริมาณความชื้นสูงกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.5 โดยมีค่า 19.84, 19.56 และ 22.20 ในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติมกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 5 และ10 ตามลำดับ ผลการทดลองดังกล่าวขัดแย้งกับการรายงานของ Chen *et al.* (2000) ที่ทำการศึกษาโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3, 6 และ 9 ซึ่งส่งผลต่อปริมาณความชื้นในเจอร์กี้เนื้อสุกรพบว่า ปริมาณความชื้นของเจอร์กี้เนื้อสุกรค่อยๆ ลดลงเมื่อมีการเพิ่มระดับของกลีเซอรอล โดยพบว่าการเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 9 ทำให้ปริมาณความชื้นต่ำกว่ากว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งนั้นผ่านกระบวนการหมักทำให้เกิดการสูญเสียน้ำระหว่างการหมักดังที่กล่าวไปข้างต้น โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลมีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างกระบวนการหมักต่ำดังนั้นการเติม กลีเซอรอลจึงทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีปริมาณความชื้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Han *et al.* (2008) ที่กล่าวว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารฮิวเมกเตนท์ได้แก่ บุกโปรตีนจากไข่ขาว และโปรตีนจากถั่วเหลืองในเจอร์กี้เนื้อสุกรจะทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.5 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังจากการอบแห้ง

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้	0.68 ± 0.00^{c}	0.70 ± 0.00^{b}	0.73 ± 0.01^{a}
ปริมาณความชื้น (%w/w)	19.84 ± 0.43^{b}	19.56 ± 2.21^{b}	22.20 ± 1.13^{a}
ร้อยละของผลผลิตหลังการทำแห้ง	35.14 ± 0.38^{c}	37.70 ± 0.73^{b}	40.77 ± 0.10^{a}
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	45.53 ± 0.25^{a}	42.53 ± 0.17^{b}	35.87 ± 0.25^{c}
ค่าสี			
- ค่าความสว่าง (L*)	21.89 ± 0.40^{b}	23.87 ± 0.23^{ab}	24.89 ± 0.33^{a}
- ค่าสีแดง (a*)	5.38 ± 0.09^{a}	4.09 ± 0.03^{b}	3.72 ± 0.03^{c}
- ค่าสีเหลือง (b*)	4.45 ± 0.10^{c}	5.31 ± 0.05^{b}	6.19 ± 0.11^{a}
ค่าความเป็นกรดด่าง	4.52 ± 0.03^{c}	4.62 ± 0.18^{ab}	4.91 ± 0.19^{a}
ค่าปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	3.02 ± 0.73^{a}	2.72 ± 0.38^{a}	2.10 ± 0.31^{a}

^{abc} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สำหรับผลของกลีเซอรอลต่อค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำแห้งอยู่ที่ร้อยละ 35-40 โดยเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลส่งผลให้ค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำแห้งของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีความสอดคล้องกับคุณสมบัติของกลีเซอรอลที่ Chen *et al.* (2000) กล่าวไว้ว่า การเติมสารฮิวเมกเตนท์จะช่วยในการกักเก็บน้ำไว้ในอาหาร ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และความนุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ การเติมกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจากผลการทดลองข้างต้นในกลุ่มที่มีการเติมกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งจึงทำให้มีปริมาณน้ำมากและส่งผลทำให้มีค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำแห้งสูงตามไปด้วย นอกจากนี้ Han *et al.* (2008) ยังรายงานว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารฮิวเมกเตนท์ในเจอร์กี้เนื้อสุกรทำให้ค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำแห้งมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมหรือกลุ่มที่ไม่เติมสารฮิวเมกเตนท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.1.3.2 ผลของกลีเซอรอลต่อค่าแรงเฉือน

จากการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ หลังจากการอบแห้งโดยการทดสอบค่าแรงเฉือน (shear force) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าการเติมกลีเซอรอลนั้นสามารถทำให้ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ลดลงซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้พบว่าผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่อธิบายไปแล้วข้างต้นที่ว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีปริมาณความชื้นสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ ซึ่งส่งผลให้เนื้อสัมผัสของกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีลักษณะนุ่มที่สุดเช่นกัน เนื่องจากเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งนั้นเป็นผลมาจากปริมาณความชื้น (Farouk and Swan. 1999) นอกจากนี้ผลการทดลองดังกล่าวยังสอดคล้องกับคุณสมบัติของกลีเซอรอลที่ Chen *et al.* (2000) กล่าวว่ากลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการช่วยจับน้ำในผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งชนิดแล่เป็นชิ้นบางโดยพบว่าการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 9 ในเจอร์กี้เนื้อสุกรส่งผลให้ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Barret *et al.* (1998) ที่กล่าวว่ากลีเซอรอลเป็นสารที่ให้ความยืดหยุ่น (plasticize) ให้กับโครงข่ายของโปรตีน กล่าวคือ ทำให้เนื้อสัตว์ไม่แข็งกระด้าง เช่นเดียวกับ Kim *et al.* (1989) ที่พบว่าการเติมกลีเซอรอลจะช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ และความชื้นในผลิตภัณฑ์ของเนื้อสัตว์กึ่งแห้งได้โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและแข็งกระด้าง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้น รวมทั้งทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าในความยืดหยุ่น (springiness) และค่าการเคี้ยว (chewiness) ดีขึ้น

4.1.3.3 ผลของกลีเซอรอลต่อค่าสี

ผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพทางด้านสีพบว่ากลีเซอรอลส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าความสว่างใกล้เคียงกับกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาถึงด้านของค่าสีแดงพบว่าเมื่อเติมกลีเซอรอลระดับสูงขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่ค่าสีเหลืองของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลกลับมีค่าสูงขึ้นโดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 นั้นมีค่าสีเหลืองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งผลการทดลองข้างต้นขัดแย้งกับการรายงานของ Kim *et al.* (2010) ที่กล่าวว่า เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่ร้อยละ 5 จะส่งผลให้เจอร์กี้เนื้อสุกรมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล ในขณะที่ค่าสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เติมกลีเซอรอล แต่จากการทดลองจากภาพที่ 4.2 โดยจะเห็นว่าตัวอย่างมีความสว่างขึ้นเมื่อเติมกลีเซอรอล เนื่องจากผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมีขั้นตอนการผลิตที่ต้องผ่านกระบวนการหมักก่อนที่จะอบแห้งจึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งอาจทำให้ค่าสีมีลักษณะแตกต่างจากเจอร์กี้เนื้อสุกรที่ผ่านการอบแห้งเพียงอย่างเดียว

ก ข ค

ภาพที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ (ก) คือ กลุ่มควบคุม (ข) คือ กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ (ค) คือ กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10

4.1.3.4 ผลของกลีเซอรอลต่อค่าความเป็นกรดด่าง และค่าปริมาณกรดทั้งหมด

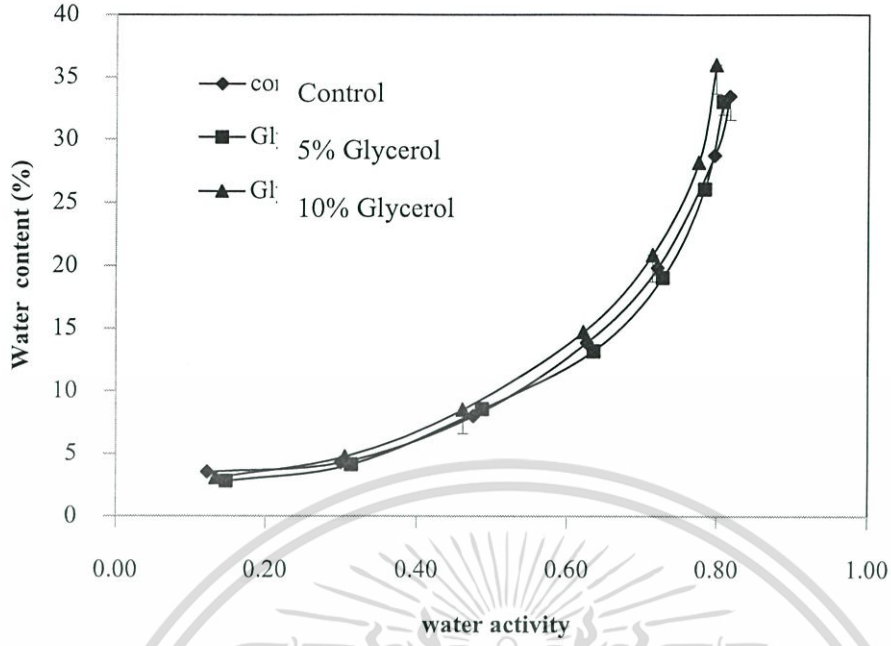
เมื่อนำตัวอย่างภายหลังการอบแห้งมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับผลของค่าความเป็นกรดด่างในระหว่างกระบวนการหมักซึ่งได้แสดงในตารางที่ 4.1 ในขณะที่ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.5 ผลของกลีเซอรอลต่อค่าไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังจากการอบแห้ง

ผลของการใช้กลีเซอรอลในระดับต่างๆ ต่อค่าไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (ภาพที่ 4.3) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ณ จุดที่มีปริมาณความชื้นเดียวกันค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ ในกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีโอกาสที่จะมีอายุการเก็บรักษายาวนานกลุ่มอื่น เนื่องจากมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำทำให้โอกาสการเสื่อมเสียเนื่องจากแบคทีเรียก่อโรคมีน้อยกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมีกระบวนการหมักจึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในระหว่างกระบวนการหมักส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของทุกกลุ่มการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งการวัดค่าไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำนั้นเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยลักษณะของกราฟเป็นผลมาจากองค์ประกอบและโครงสร้างของอาหาร และยังมีประโยชน์มากในการประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา และใช้ในการเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ (Barbosa-Canovas and Juliano. 2007) นอกจากนี้การหาค่าไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำยังแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้และการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่อุณหภูมิจำเพาะ (Donlao and Siriwattanayotin. 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ผลของกลีเซอลรอลต่อค่าไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำ ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม (—◆—) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 (—■—) และ 10 (—▲—)

4.1.4 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง

จากผลการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา และเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบพบว่า ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ดังนั้นกระบวนการอบสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yoon *et al.* (2009) กล่าวว่าผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งหรือเจอร์กี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมรับประทานซึ่งมีความปลอดภัยในการนำไปบริโภคเนื่องจากมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่า 0.85 และนอกจากค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ที่ต่ำแล้วในการลดความเสี่ยงต่อแบคทีเรียก่อโรคสามารถทำได้โดยการใช้ความร้อน โดยทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิใจกลาง 71.1 องศาเซลเซียส สามารถลดความเสี่ยงต่อแบคทีเรียก่อโรคได้ ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส สามารถทำให้แบคทีเรียก่อโรคลดลงได้มากกว่าการใช้อุณหภูมิ 52 และ 59 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา และเชื้อ *S. aureus* ภายหลังการอบ

เชื้อที่ศึกษา	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)		
	กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
จุลินทรีย์ทั้งหมด	<1	<1	<1
เชื้อยีสต์และรา	<1	<1	<1
S. aureus	<1	<1	<1

4.1.5 ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง

จากผลการประเมินความชอบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง จากตารางที่ 4.7 โดยศึกษาด้านคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และลักษณะโดยรวมพบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีแนวโน้มชอบผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และกลุ่มควบคุม ส่วนในด้านความเปรี้ยวพบกว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่ชอบกลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอลมากที่สุด ในขณะที่ผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความชอบด้านสีใกล้เคียงกันในทุกกลุ่มการทดลอง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อมองด้วยสายตาแล้วแหนมเนื้อสุกรแก่นั้นมีสีใกล้เคียงกันมากในทุกกลุ่มการทดลองจึงทำให้ผู้ทดสอบมีความชอบใกล้เคียงกัน โดยให้คะแนนอยู่ในระดับ 4 คือเฉยๆ ส่วนด้านเนื้อสัมผัสจากผลการประเมินพบว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งคะแนนอยู่ในช่วงค่อนข้างชอบ ซึ่งจากผลการทดลองมีความสอดคล้องกับค่าแรงเฉือนแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 พบว่าค่าแรงเฉือนของกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 นั้นมีความนุ่มมากที่สุดผู้บริโภคจึงมีความชอบมากที่สุด ส่วนด้านกลิ่นรสพบว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 ($P<0.05$) เนื่องจากการเติมกลีเซอรอลทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ไม่เปรี้ยวจนเกินไป และยังปรับปรุงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ในด้านความเปรี้ยวพบว่ากลุ่มควบคุมนั้นมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยค่าความเปรี้ยวของกลุ่มควบคุมมีค่าสูงสุดคือ 5.06 ซึ่งเป็นคะแนนที่ผู้บริโภคค่อนข้างชอบ แต่ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 มีคะแนนความชอบอยู่ที่ 4.81 และ 4.65 ตามลำดับ ทั้งนี้สอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่าง และค่าปริมาณกรดทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งกลุ่มควบคุมมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำที่สุด และมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุดเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์กลุ่มควบคุมมีกลิ่นรสที่เปรี้ยวทำให้ผู้ประเมินมีความชอบมากที่สุด ในด้านลักษณะโดยรวมพบว่าผู้บริโภคมีความชอบกลุ่มที่เติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลีเซอรอลร้อยละ 10 มีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้กลีเซอรอลที่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของเจอร์กี้เนื้อสุกร ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการรายงานของ Kim *et al.* (2010) ที่กล่าวว่าระดับและชนิดของสารฮิวเมกเตนท์นั้นส่งผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมด้าน สี กลิ่นรส ความชุ่มฉ่ำ ความเหนียว และ คุณสมบัติโดยรวมที่ยอมรับได้ของเจอร์กี้เนื้อสุกร โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบโดยรวมแก่ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อสุกรที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 มากกว่ากลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล นอกจากนี้ Chen *et al.* (2000) กล่าวว่าเจอร์กี้เนื้อสุกรของประเทศจีนที่มีการเติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลมีคะแนนความชอบในด้านความแข็งและค่าการเคี้ยวสูงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติมสารฮิวเมกเตนท์

ตารางที่ 4.7 ผลของกลีเซอรอลต่อคะแนนการประเมินความชอบของคุณภาพผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งภายหลังการอบแห้ง

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
สี	$4.63 \pm 0.93^{a,\dagger}$	4.79 ± 1.11^{a}	4.85 ± 0.94^{a}
ลักษณะปรากฏ	4.67 ± 0.97^{b}	4.49 ± 1.09^{b}	5.10 ± 0.82^{a}
เนื้อสัมผัส	4.46 ± 1.13^{b}	4.48 ± 1.42^{b}	5.46 ± 1.34^{a}
กลิ่นรส	4.82 ± 1.21^{b}	4.88 ± 1.24^{b}	5.19 ± 0.92^{a}
ความเปรี้ยว	5.06 ± 1.09^{a}	4.81 ± 1.03^{ab}	4.65 ± 1.16^{b}
ลักษณะโดยรวม	4.53 ± 1.12^{b}	4.82 ± 1.26^{a}	5.06 ± 0.89^{a}

[ab] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[†] คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 4 คือ เฉยๆ คะแนน 7 คือ ชอบมากที่สุด

4.2 ผลการศึกษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

จากผลการศึกษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งโดยทำการเก็บตัวอย่างแหนมก่อนการเติมเชื้อ หลังจากเติมเชื้อที่ความเข้มข้น 5 log cfu/g หลังจากกระบวนการหมัก และภายหลังจากการอบแห้ง โดยศึกษาการมีชีวิตรอดของเชื้อดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลของการศึกษาความอยู่รอดของเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

จากการศึกษาความอยู่รอดของเชื้อ *S. aureus* ที่มีชีวิตรอดภายหลังการอบแห้งโดยการเติมเชื้อ *S. aureus* ลงไปในผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปอบแห้ง ผลการทดลองพบว่าการเติมกลีเซอรอลไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* โดยทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนเชื้อ *S. aureus* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.8 ซึ่งเชื้อ *S. aureus* ก่อนการเติมเชื้อ ในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 มีจำนวน 2.67, 2.57 และ 2.61 log cfu/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ (P>0.05) และภายหลังจากการเติมเชื้อ *S. aureus* ที่ 5 log cfu/g พบว่าในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 มีจำนวนเชื้อ *S. aureus* เท่ากับ 5.70, 5.77 และ 5.63 log cfu/g ตามลำดับ (P>0.05) ภายหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการหมักและการอบแห้งตรวจพบเชื้อ *S. aureus* ต่ำกว่ากำหนดที่สามารถตรวจวัดได้ (<1 log cfu/g) ซึ่งเชื้อ *S. aureus* เป็นแบคทีเรียก่อโรคที่ถูกทำลายได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 66 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 นาที และไม่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่า 0.80 (Brown. 1982 ; Nørrung *et al.* 2009) ดังนั้นในกระบวนการผลิตแหนมกึ่งแห้งซึ่งใช้ความร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงทำให้เชื้อ *S. aureus* ไม่สามารถมีชีวิตรอด ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งจึงช่วยทำให้มีความปลอดภัยในด้านการบริโภคมากขึ้น

ตารางที่ 4.8 ผลของกลีเซอรอลต่อจำนวนเชื้อ *S. aureus* ที่มีชีวิตรอดในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

การตรวจวิเคราะห์	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)		
	กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
ก่อนการเติมเชื้อ	$2.67 \pm 0.36^{a,B}$	$2.57 \pm 0.30^{a,B}$	$2.61 \pm 0.38^{a,B}$
หลังการเติมเชื้อ	$5.70 \pm 0.09^{a,A}$	$5.77 \pm 0.08^{a,A}$	$5.63 \pm 0.07^{a,A}$
หลังกระบวนการหมัก	<1[†]	<1	<1
หลังอบแห้ง	<1	<1	<1

[abc] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[AB] ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[†] <1 log cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

4.2.2 ผลของการศึกษาความอยู่รอดของเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* sp.ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

การศึกษาความอยู่รอดของเชื้อ *E. coli* ที่มีชีวิตรอดภายหลังการอบแห้งโดยการเติมเชื้อ *E. coli* ลงไปในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งก่อนนำไปอบแห้ง ผลการทดลองพบว่าการเติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างกันนั้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นในระดับสูงขึ้นทำให้เชื้อ *E. coli* มีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (P<0.05) ดังในตารางที่ 4.9โดยเชื้อ *E. coli* ก่อนการเติมเชื้อ ในทุกกลุ่มการทดลองนั้นค่าที่การตรวจพบต่ำกว่ากำหนดที่สามารถตรวจวัดได้ (<1 log cfu/g) และภายหลังจากการเติมเชื้อที่ 5 log cfu/g พบว่าจำนวนเชื้อในกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีจำนวน 4.55, 4.76 และ 5.04 log cfu/g ในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ ภายหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการอบแห้งพบว่าตรวจพบเชื้อ *E. coli* ต่ำกว่ากำหนดที่สามารถตรวจวัดได้ (<1 log cfu/g) โดย Muthukumarasamy and Holley (2007) รายงานว่า *E. coli* O157 : H7 สามารถถูกทำลายได้โดยการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที นอกจากนี้ Zottola and Smith (1990) กล่าวว่าสภาวะที่ทำให้เชื้อ *E. coli* ไม่สามารถเจริญได้คือ อุณหภูมิ 44-45 องศาเซลเซียส และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำกว่า 0.85 ซึ่งในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งดังที่กล่าวไว้ในข้างต้นเป็นการใช้ความร้อน 85 องศาเซลเซียส จึงทำให้เชื้อ *E. coli* ไม่สามารถมีชีวิตรอดได้

ตารางที่ 4.9 ผลของกลีเซอรอลต่อจำนวนเชื้อ *E. coli* ที่มีชีวิตรอดในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

การตรวจวิเคราะห์	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)		
	กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
ก่อนการเติมเชื้อ	<1[†]	<1	<1
หลังการเติมเชื้อ	4.55 ± 0.02[b]	4.76 ± 0.05[ab]	5.04 ± 0.36[a]
หลังกระบวนการหมัก	<1	<1	<1
หลังอบแห้ง	<1	<1	<1

[ab] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[†] <1 log cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

จากการศึกษาจำนวนเชื้อ *Salmonella* sp. ที่มีชีวิตรอดในระหว่างกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งพบว่าการเติมกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* sp. เนื่องจากทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนเชื้อ *Salmonella* sp. ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 4.10 โดยก่อนการเติมเชื้อ หลังจากการหมักและการอบแห้งผลการทดลองพบว่าเชื้อ *Salmonella* sp. มีจำนวนต่ำกว่ากำหนดที่สามารถตรวจวัดได้ (<1 log cfu/g) และภายหลังจากการเติมเชื้อที่ 3 log cfu/g พบว่าในทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนเชื้อไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) โดยมีจำนวน 3.66, 3.63 และ 3.57 log cfu/g ในกลุ่มควบคุมกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ โดยเชื้อ *Salmonella* sp. สามารถถูกทำลายได้โดยการใช้ความร้อน 66 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 นาที และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ที่เชื้อชนิดนี้สามารถมีชีวิตรอดได้อยู่ในช่วง 0.93-0.95 (Varnam and Evans. 1991) โดยเชื้อ *Salmonella* sp. เป็นแบคทีเรียก่อโรคในอาหารที่มีการแพร่กระจายไปทั่วโลก และทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา ซึ่งทำให้เกิดการเรียกคืนสินค้าในทุกๆปี ถึงแม้ว่าจะมีแหล่งปนเปื้อนมากมายแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารก็ยังเป็นแหล่งปนเปื้อนส่วนใหญ่ ซึ่งเชื้อมีความสามารถในการสร้างไบโอฟิลม์จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดการปนเปื้อนในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารพร้อมรับประทาน (Wang *et al.* 2014)

ตารางที่ 4.10 ผลของกลีเซอรอลต่อจำนวนเชื้อ *Salmonella* sp. ที่มีชีวิตรอดในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

การตรวจวิเคราะห์	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)		
	กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
ก่อนการเติมเชื้อ	<1[†]	<1	<1
หลังการเติมเชื้อ	3.66 ± 0.11	3.63 ± 0.02	3.57 ± 0.18
หลังกระบวนการหมัก	<1	<1	<1
หลังอบแห้ง	<1	<1	<1

[†]<10 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

4.3 ผลของการศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

ในการทดลองที่ 3 นี้ได้ทำการเลือกสูตรผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่สรุปได้จากการทดลองที่ 1 และ 2 คือ สูตรที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มาเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มีรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ บรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum package) และบรรจุแบบมีอากาศภายในถุงมีวัตถุดูดซับออกซิเจน (aerobic package) โดยศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน มีการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาทุก 2 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ซึ่งผลการทดลองมีดังนี้

4.3.1 ผลของการศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

4.3.1.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ดังตารางที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุทั้งสองแบบพบว่าค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างทุกกลุ่มการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษาซึ่งแสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่าง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการรายงานของ Choi *et al.* (2007) ที่กล่าวว่าการบรรจุเจอร์กี้เนื้อสุกรสไตล์เกาหลีในรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบรรจุที่แตกต่างกันนั้นไม่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์มีค่าแตกต่างกันแต่อย่างใด ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุทั้งสองแบบมีแนวโน้มของค่าความเป็นกรดด่างสูงขึ้นจากวันแรกที่เก็บรักษา โดย ณ วันที่ 90 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่าวันแรกของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งขัดแย้งกับการรายงานของ Choi *et al.* (2007) ที่กล่าวว่าค่าความเป็นกรดด่างของเจอร์กี้เนื้อสุกรมีค่าค่อยๆ ลดลงระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้จากการที่ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาอาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์เกิดการย่อยสลายของโปรตีนทำให้เกิดการปลดปล่อยหมู่เอมีนออกมา โดยเฉพาะ heterocyclic aromatic amines ที่เกิดกระบวนการแปรรูปอาหารประเภทเนื้อสัตว์โดยใช้ความร้อนสูง ซึ่งสารประกอบชนิดนี้มีคุณสมบัติเป็นด่าง (Kulp *et al.* 2003) ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษามีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 4.11 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ†
0	4.91 ± 0.19^{B}	4.91 ± 0.19^{B}
15	4.98 ± 0.02^{B}	4.94 ± 0.13^{B}
30	5.00 ± 0.14^{B}	5.01 ± 0.09^{B}
45	5.03 ± 0.04^{B}	5.03 ± 0.10^{B}
60	5.00 ± 0.06^{B}	5.14 ± 0.12^{AB}
75	5.06 ± 0.12^{A}	5.11 ± 0.05^{AB}
90	5.13 ± 0.10^{A}	5.18 ± 0.13^{A}

^{AB} ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

† การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

4.3.1.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้และปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษา

ในการศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาแหนมกึ่งแห้งที่มีต่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (ตารางที่ 4.12) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุทั้งสองแบบนั้นมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขัดแย้งกับการรายงานของ Choi *et al.* (2007) ที่กล่าวว่าค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของเจอร์กี้เนื้อสุกรที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าสูงกว่าการบรรจุในถุงพลาสติก ซึ่งในการทดลองนี้เปรียบเทียบระหว่างการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรจุแบบมีอากาศ ภายในถุงมีวัตถุดูดซับออกซิเจน ดังนั้นผลที่ได้จึงอาจขัดแย้งกับงานวิจัยของ Choi *et al.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2007) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่ศึกษาในครั้งนี้มีการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ซึ่งคุณสมบัติของกลีเซอรอลนั้นที่ Barrett *et al.* (1998) กล่าวไว้ว่ากลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างเก็บรักษามีค่าคงที่ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้โดยพบว่าค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์ ณ วันที่ 90 ของการเก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื่องจากคุณสมบัติของกลีเซอรอลที่สามารถช่วยควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา (Barrett *et al.* 1998) จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Calicioglu *et al.* (2003) ที่กล่าวว่าในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เจอร์กี้มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก และมีค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 0.60-0.70

ตารางที่ 4.12 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ†
0	0.69 ± 0.04	0.69 ± 0.04
15	0.70 ± 0.04	0.71 ± 0.05
30	0.66 ± 0.01	0.66 ± 0.01
45	0.70 ± 0.04	0.67 ± 0.05
60	0.68 ± 0.02	0.66 ± 0.04
75	0.68 ± 0.03	0.68 ± 0.06
90	0.69 ± 0.02	0.70 ± 0.02

† การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

สำหรับผลของอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณความชื้น ดังแสดงในตารางที่ 4.13 พบว่า ณ วันที่เก็บรักษา 0-60 วันผลิตภัณฑ์ที่บรรจุทั้งสองแบบมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ขณะที่ ณ วันที่ 75 และ 90 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศภายในถุงมีวัตถุดูดซับออกซิเจนมีปริมาณความชื้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นนั้นมีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบกันพบว่า ณ วันที่ 90 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสูงกว่าวันแรกของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของความชื้นในระหว่างการเก็บรักษานั้นพบว่าการบรรจุทั้งสองแบบนั้นให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน และมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วงร้อยละ 21-26 ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yang *et al.* (2009) ที่รายงานว่าปริมาณความชื้นเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ โดยพบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในเจอร์กี้มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 27.69-24.45 และไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และหลังจากวันที่ 30 ของการเก็บรักษาพบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสูงขึ้น

ตารางที่ 4.13 ผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ†
0	$21.80 \pm 0.52^{a,C}$	$21.80 \pm 0.52^{a,C}$
15	$21.95 \pm 0.55^{a,C}$	$23.22 \pm 0.99^{a,BC}$
30	$23.68 \pm 0.47^{a,AB}$	$23.71 \pm 0.93^{a,BC}$
45	$22.84 \pm 0.76^{a,B}$	$23.53 \pm 1.86^{a,BC}$
60	$23.51 \pm 0.13^{a,AB}$	$24.71 \pm 1.63^{a,AB}$
75	$23.69 \pm 0.03^{b,AB}$	$25.44 \pm 1.08^{a,AB}$
90	$24.05 \pm 0.57^{b,A}$	$26.23 \pm 0.92^{a,A}$

[ab] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[ABC] ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

† การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

4.3.1.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนในระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์แหนมที่เติมกลีเซอรอลในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุทั้งสองแบบพบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศภายในถุงมีวัตถุดูดซับออกซิเจนมีค่าแรงเฉือนไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.14 ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้นั้นเป็นผลมาจากปริมาณความชื้น (Farouk and Swan. 1999) ซึ่งปริมาณความชื้นและระดับของกลีเซอรอลนั้นจะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยให้ความยืดหยุ่นกับโครงข่ายของโปรตีน นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมกลีเซอรรอลจะช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้และความชื้นในผลิตภัณฑ์ของเนื้อสัตว์กึ่งแห้งได้โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและแข็งกระด้าง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้น รวมทั้งทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าในความยืดหยุ่น (springiness) และค่าการเคี้ยว (chewiness) ที่ดีขึ้นได้ (Kim *et al.* 1989) และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุทั้งสองแบบนั้นมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่วันที่ 45 ของการเก็บรักษาโดย ณ วันที่ 90 ของการเก็บรักษาพบว่าที่ค่าแรงเฉือนต่ำกว่าวันแรกของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับปริมาณความชื้นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหนมกึ่งแห้งที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ดังตารางที่ 4.13 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น เช่นเดียวกับการรายงานของ Yang *et al.* (2009) ที่กล่าวว่าเจอร์กี้เนื้อสุกรที่ทำจากชิ้นส่วนต่างๆ กันนั้นมีค่าแรงเฉือนลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้เป็นผลจากการที่ในระหว่างเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 4.14 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ†
0	41.16 ± 0.40^{A}	43.51 ± 0.77^{A}
15	41.94 ± 0.70^{AB}	41.16 ± 0.40^{AB}
30	38.51 ± 0.81^{AB}	40.96 ± 0.08^{AB}
45	34.65 ± 0.15^{B}	39.20 ± 0.40^{B}
60	34.02 ± 0.19^{B}	35.08 ± 0.24^{BC}
75	33.12 ± 0.16^{B}	32.73 ± 0.17^{C}
90	34.89 ± 0.25^{C}	32.14 ± 0.05^{C}

^{ABC} ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

† การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

4.3.1.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีในระหว่างการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษาได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าสีในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุทั้งสองแบบ จากตารางที่ 4.15 พบว่าค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองของบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการรายงานของ Ahn and Lee (2004) ที่กล่าวว่าค่าสีของเนื้อไก่งวงที่บรรจุแบบสุญญากาศ และแบบมีอากาศภายในถุงมีวัตถุดูดซับออกซิเจนนั้นมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันโดยมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Yang *et al.* (2009) ที่รายงานว่าเจอร์กี้เนื้อสุกรมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน เนื่องจากผลของความชื้นที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม Barrett *et al.* (1998) รายงานว่าเมื่อเก็บรักษาเจอร์กี้เนื้อโคที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 4 เป็นระยะเวลานานขึ้นกลับทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง หรือมีสีคล้ำ ในส่วนของค่าสีแดงพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบนั้นมีค่าสีแดงเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือมีค่าลดลง ($P<0.05$) แต่ในทางกลับกันพบว่าค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

($P<0.05$) การที่มีค่าสีเหลืองสูงขึ้นนั้นสอดคล้องกับการรายงานของ Berry and Bigner-George (2000) ที่กล่าวว่าผลิตภัณฑ์ patties สูตรที่มีสัดส่วนของไขมันมาก ส่งผลให้ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยที่พบว่าผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมีค่า TBARs สูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.15 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

ค่าสี	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ†
ค่าความสว่าง (L*)	0	18.80 ± 1.34^{D}	18.80 ± 1.34^{D}
	15	20.41 ± 0.08^{CD}	20.59 ± 0.05^{D}
	30	21.64 ± 0.24^{ABC}	20.67 ± 0.18^{D}
	45	21.36 ± 1.00^{BC}	21.18 ± 0.87^{CD}
	60	22.56 ± 1.30^{ABC}	22.14 ± 0.42^{BC}
	75	23.03 ± 0.88^{AB}	23.15 ± 0.66^{B}
	90	23.82 ± 0.44^{A}	23.59 ± 0.08^{A}
ค่าสีแดง (a*)	0	8.48 ± 0.54^{A}	8.48 ± 0.54^{A}
	15	7.71 ± 0.28^{AB}	7.58 ± 0.14^{A}
	30	7.15 ± 0.99^{AB}	7.53 ± 0.13^{A}
	45	6.58 ± 0.93^{AB}	7.18 ± 0.01^{AB}
	60	6.20 ± 0.39^{AB}	6.79 ± 0.93^{AB}
	75	5.80 ± 1.84^{AB}	6.10 ± 0.70^{BC}
	90	5.78 ± 0.21^{B}	5.33 ± 0.15^{C}
ค่าสีเหลือง (b*)	0	8.04 ± 0.15^{B}	8.04 ± 0.15^{B}
	15	8.27 ± 0.35^{AB}	7.80 ± 0.31^{C}
	30	8.84 ± 0.17^{AB}	8.34 ± 0.45^{BC}
	45	9.29 ± 0.43^{A}	8.82 ± 0.09^{B}
	60	9.27 ± 0.60^{A}	8.92 ± 0.23^{B}
	75	8.83 ± 0.43^{AB}	9.96 ± 0.38^{A}
	90	9.27 ± 0.51^{A}	10.35 ± 0.09^{A}

^{ABCD} ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

† การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.5 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความสดใส (Chroma) ค่าองศาของสี (Hue angle) และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index) ในระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความสดใสของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาโดยบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีค่าความสดใสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไม่ส่งผลต่อค่าความสดใสของผลิตภัณฑ์ ($P>0.05$) โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวันที่ 0 กับวันที่ 90 ของการเก็บรักษาพบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าความสดใสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับการรายงานของ Bowser *et al.* (2014) ที่กล่าวว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ไส้กรอกเนื้อแกะมีค่าความสดใสของผลิตภัณฑ์ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

ในด้านของค่าองศาของสีซึ่งเป็นค่าแสดงถึงสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็นซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 (Mcguire. 1992) จากผลการทดลองพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าองศาของสี โดยบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีค่าองศาของสีใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาด้านระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าองศาของสีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากวันแรกที่เก็บรักษา ($P<0.05$) โดยมีค่ามุมในช่วง 45-60 ซึ่งทำให้โทนสีของตัวอย่างเปลี่ยนจากสีแดงไปเป็นสีส้มแดง (Mcguire. 1992) ซึ่งผลการทดลองขัดแย้งกับการรายงานของ Bowser *et al.* (2014) ที่กล่าวว่าค่าองศาของสีของไส้กรอกเนื้อแกะมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีค่ามุมอยู่ในช่วง 57-64 ซึ่งโทนสีของตัวอย่างเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองเป็นสีส้มแดง

ผลการศึกษาด้านดรรชนีค่าสีน้ำตาล (browning index) ดังตารางที่ 4.16 พบว่า ณ วันที่ 0-60 ของการเก็บรักษาดรรชนีค่าสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ในขณะที่ วันที่ 75 และ 90 ของการเก็บรักษาดรรชนีค่าสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าต่ำกว่าบรรจุแบบมีอากาศภายในถุงมีวัตถุดูดซับออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นกลับทำให้ผลิตภัณฑ์มีดรรชนีค่าสีน้ำตาลลดลง ในการบรรจุทั้งสองแบบ ($P<0.05$) สืบเนื่องมาจากมีค่าสีแดงที่ลดลง และค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงหลักๆ อาจเกิดจากสีของผลิตภัณฑ์ซีดลง ในบางผลิตภัณฑ์อาหารที่มีดรรชนีค่าสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจาก ปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non-enzymatic browning) ที่เพิ่มขึ้น เช่น นมผง โกโก้ กาแฟ และคาราเมล เป็นต้น ซึ่ง เป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนโปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2556) ซึ่งในงานวิจัยนี้กลับพบว่าผลิตภัณฑ์มีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมีน้ำตาลในสูตรเพียงร้อยละ 0.34 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสจัดเป็นน้ำตาลนอนรีดิวซ์ จึงไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.16 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความสดใส ค่าองศาของสี และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาด้วยรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ†
ค่าความสดใส	0	$11.69 \pm 0.29^{a,A}$	$11.69 \pm 0.29^{a,A}$
	15	$11.31 \pm 0.07^{a,A}$	$11.75 \pm 0.01^{a,B}$
	30	$11.39 \pm 0.50^{a,A}$	$11.23 \pm 0.42^{a,AB}$
	45	$11.40 \pm 0.18^{a,A}$	$11.33 \pm 0.08^{a,AB}$
	60	$11.02 \pm 0.47^{a,A}$	$11.23 \pm 0.37^{a,AB}$
	75	$10.79 \pm 0.57^{a,A}$	$11.70 \pm 0.03^{a,A}$
	90	$10.92 \pm 0.54^{a,A}$	$11.64 \pm 0.02^{a,A}$
ค่าองศาของสี	0	$43.49 \pm 2.34^{a,B}$	$43.49 \pm 2.34^{a,B}$
	15	$47.02 \pm 2.25^{a,AB}$	$45.23 \pm 0.74^{a,D}$
	30	$51.16 \pm 4.45^{a,AB}$	$47.19 \pm 0.46^{a,CD}$
	45	$54.72 \pm 5.08^{a,AB}$	$50.64 \pm 0.24^{a,CD}$
	60	$53.36 \pm 2.97^{a,A}$	$52.82 \pm 4.47^{a,BC}$
	75	$54.95 \pm 0.37^{a,AB}$	$58.52 \pm 3.87^{a,AB}$
	90	$58.07 \pm 0.50^{a,A}$	$62.78 \pm 0.87^{a,A}$
ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล	0	$92.00 \pm 8.24^{a,A}$	$92.00 \pm 8.24^{a,A}$
	15	$82.71 \pm 2.64^{a,AB}$	$75.97 \pm 0.60^{a,B}$
	30	$80.02 \pm 0.74^{a,BC}$	$81.41 \pm 3.46^{a,AB}$
	45	$83.49 \pm 5.54^{a,AB}$	$81.62 \pm 3.25^{a,AB}$
	60	$75.50 \pm 4.30^{a,BC}$	$77.36 \pm 2.87^{a,C}$
	75	$71.18 \pm 1.15^{b,C}$	$79.30 \pm 1.93^{a,C}$
	90	$70.33 \pm 2.77^{b,C}$	$77.08 \pm 0.02^{a,C}$

[abc] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[ABCD] ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

† การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

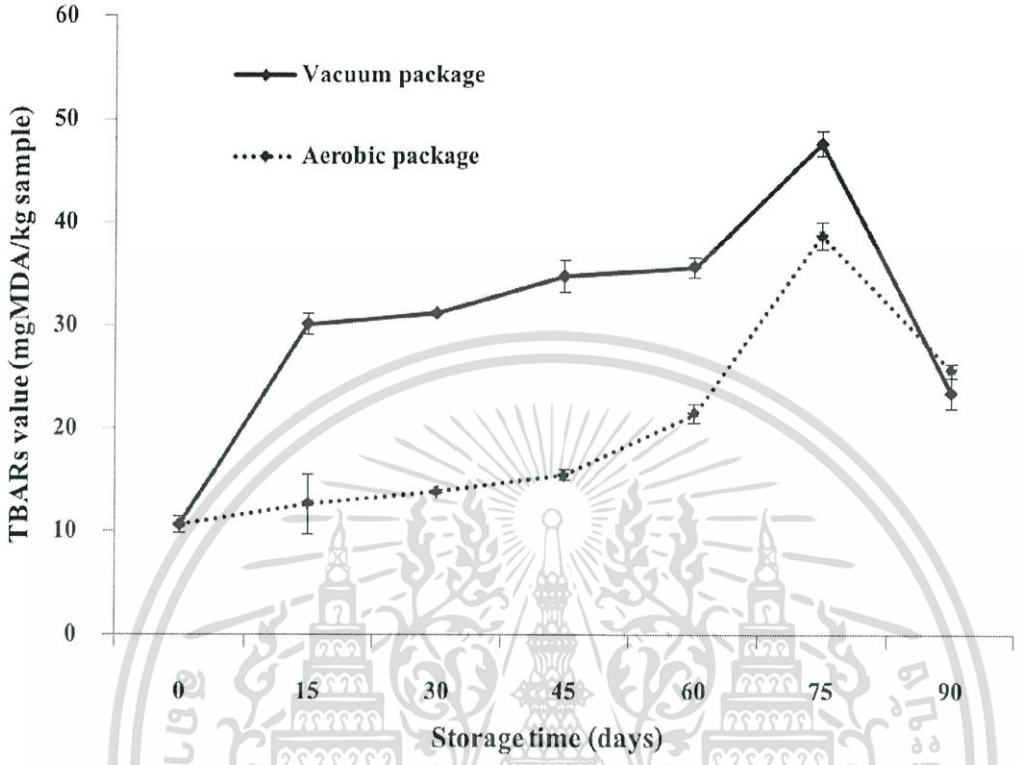
4.3.1.6 ผลของการออกซิเดชันของไขมันโดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs) ในผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน 2 ชนิด ระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน พบว่า ณ วันที่ 0 ของการเก็บรักษาค่า TBARs ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุทั้งสองแบบมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 4.4 แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 15-75 วันพบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่า TBARs สูงกว่าการบรรจุแบบมีอากาศภายในถุงมีวัตถุดูดซับออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ ณ วันที่ 90 ของการเก็บรักษากลับพบว่าบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่า TBARs ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จะเห็นได้การบรรจุแบบสุญญากาศส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่า TBARs สูงกว่าบรรจุแบบมีอากาศภายในถุงมีวัตถุดูดซับออกซิเจน ทั้งนี้เนื่องจากข้อดีของวัตถุดูดซับออกซิเจนคือสามารถลดออกซิเจนที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันได้สูงกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ จึงทำให้ปริมาณออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์คงอยู่ต่ำ และกำจัดออกซิเจนที่ซึมเข้ามาในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาได้ ซึ่งการบรรจุแบบสุญญากาศมักประสบปัญหาที่ออกซิเจนเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง นอกจากนี้วัตถุดูดซับออกซิเจนยังสามารถกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในเนื้ออาหารได้ดีกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ (ดำรงศักดิ์ ชัยสนิท และก่อเกียรติ วิริยะกิจวัฒนา. 2537) นอกจากนี้ Aday and Coner (2002) ยังกล่าวว่าวัตถุดูดซับออกซิเจนที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันซึ่งเป็นการเสื่อมเสียของอาหารในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาในด้านผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า TBARs ของผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 4.4 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ในช่วง 0-75 วัน ผลิตภัณฑ์มีค่า TBARs เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาอาหารนั้นมีปฏิกิริยาต่างๆ เกิดขึ้นมากมายส่งผลเสียต่อคุณภาพของอาหาร ไม่ว่าจะเป็นปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมัน หรือการเปลี่ยนแปลงของสีผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นต้น (Obanu. 1988) เมื่อกล่าวถึงปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันนั้นโดยทั่วไปค่า TBARs จะเป็นตัวบ่งชี้ที่ใช้บอกถึงระดับการเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันในอาหาร (Chen *et al.* 2000) ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นที่รายงานว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์มีค่า TBARs สูงขึ้นนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang *et al.* (2009) ที่รายงานว่าเจอร์กี้เนื้อสุกรและเนื้อโคมีค่า TBARs เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า TBARs นั้นมีสาเหตุมาจากการลดลงของค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้โดยการเหนี่ยวนำให้การเกิดอนุมูลอิสระมากขึ้น ในขณะที่ ณ วันที่ 90 ของการเก็บรักษากลับพบว่าผลิตภัณฑ์มีค่า TBARs ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการออกซิเดชันของไขมันนั้นทำให้เกิดสารประกอบหลายชนิด เช่น เพนทานอล เฮกซานอล 4-hydroxyonenal และสารมาลอนแอลดีไฮด์ (malonaldehyde, MA) (Pearson *et al.* 1982) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษามากขึ้นอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสารมาลอนแอลดีไฮด์เป็นสารประกอบชนิดอื่น ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีค่า TBARs ลดลง ณ วันที่ 90 ของการเก็บรักษา



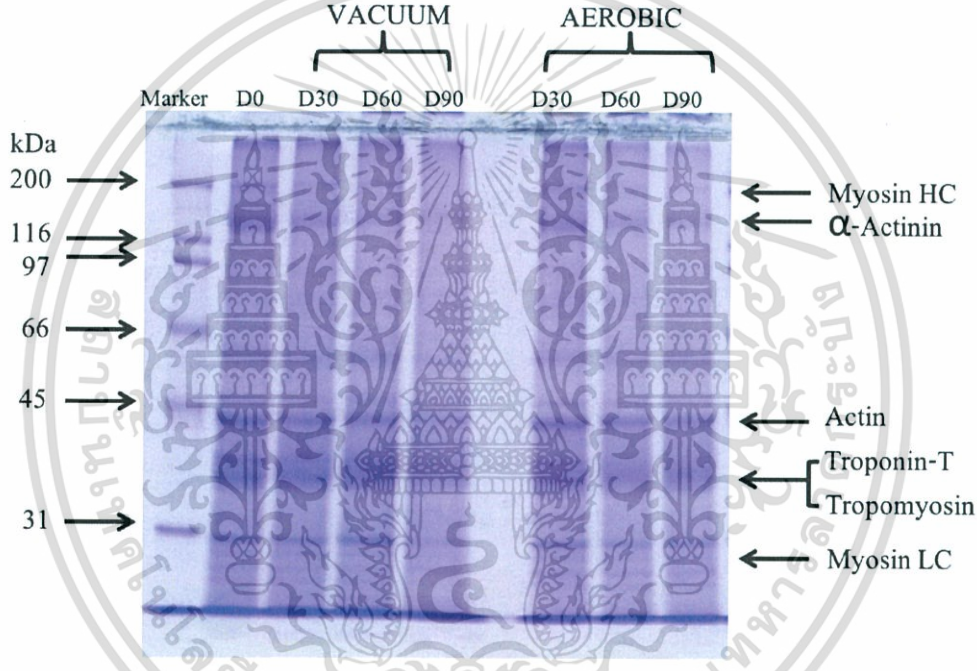
ภาพที่ 4.4 ผลของอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งต่อการออกซิเดชันของไขมันโดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs)

4.3.1.7 รูปแบบของโปรตีนที่ผ่านการแยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE ในระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาการแยกโปรตีนด้วยกระแสไฟฟ้าภายใต้เทคนิค SDS-PAGE ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาดังภาพที่ 4.5 พบว่าเมื่อพิจารณาดูภาพรวมทั้งโปรตีนจากตัวอย่างที่บรรจุสุญญากาศ ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 30, 60 และ 90 วัน และตัวอย่างที่บรรจุแบบมีอากาศภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจน ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน โดยเตรียมในสภาวะรีดิวซิ่ง (reducing condition) ซึ่งเมื่อพิจารณาด้านการบรรจุสุญญากาศพบว่าในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน เกิดการย่อยสลายของไมโอซินและแอคติน เช่นเดียวกับการบรรจุแบบมีอากาศภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจน แสดงให้เห็นว่าสภาวะการบรรจุไม่ส่งผลต่อการย่อยสลายของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นนั้นส่งผลทำให้เกิดการย่อยสลายของไมโอซินและแอคติน นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแถบโปรตีนมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 200 kDa มีน้อยกว่าวันแรกของการเก็บรักษา ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานานขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับค่าแรงเฉือนที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาดังแสดงในตารางที่ 4.14 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของไมโอซินเป็นดัชนีที่บ่งชี้การย่อยสลายของโปรตีนในผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้ง โดยการมีสัดส่วนของไมโอซินลดลงเนื่องจากผลของสารฮิวเมกเตนท์ และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานาน (Muguruma *et al.* 1987) นอกจากนี้ยังเกี่ยวกับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีนในเนื้อสัตว์ (Labuza and Saltmarch. 1981)



ภาพที่ 4.5 รูปแบบของโปรตีนที่ผ่านการแยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE ของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่เก็บรักษาแบบสุญญากาศ และแบบมีอากาศภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจน ในวันที่ 0 (D0), 30 (D30), 60 (D60) และ 90 (D90) ของการเก็บรักษา

4.3.2 ผลการทดลองด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมสุกรแก่ขึ้นรูปกึ่งแห้งพร้อมรับประทานในระหว่างการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งได้ทำการศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตารางที่ 4.17) เชื้อยีสต์และรา (ตารางที่ 4.18) และเชื้อ *S. aureus* (ตารางที่ 4.19) ในผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบที่บรรจุในสภาวะที่แตกต่างกัน ณ วันที่ 0, 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 พบว่าในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบพบจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) และเมื่อระยะเวลาการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษาเพิ่มขึ้นนั้นพบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์รา และจำนวนเชื้อ *S. aureus* ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้ง และในส่วนผสมมีไนไตรท์จึงสามารถช่วยควบคุมจุลินทรีย์ดังกล่าวได้ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีกระบวนการผลิตที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผ่านการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology) ด้วยกระบวนการหมัก (fermentation) ร่วมกับการทำแห้ง (dehydration) เช่นเดียวกับการรายงานของ Chen *et al.* (2000) ที่กล่าวว่าอาหารกึ่งแห้งนั้นจะมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้อยู่ในช่วง 0.65-0.90 ซึ่งอาจทำให้เชื้อยีสต์ราเจริญเติบโตทำให้เกิดปัญหาได้ แต่จากการทดลองพบว่าการเพิ่มระดับของกลีเซอรอลหรือซอร์บิทอลโดยใช้กลีเซอรอลหรือซอร์บิทอลร้อยละ 6-9 ในเจอร์กี้เนื้อสุกรจะช่วยยับยั้งการเจริญของยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากคุณสมบัติของกลีเซอรอลและซอร์บิทอลที่ช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยในการรับประทานเนื่องจากไม่พบแบคทีเรียก่อโรค นอกจากนี้ Ingham *et al.* (2005) รายงานว่าจากการศึกษาการอยู่รอดของแบคทีเรียก่อโรคได้แก่ *S. aureus* ในเจอร์กี้ที่บรรจุแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง (21องศาเซลเซียส) พบว่าเมื่อผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้อยู่ในช่วง 0.68-0.82 ส่งผลให้เชื้อ *S. aureus* จะมีจำนวนลดลง 2.6-7 log cfu/g หลังจาก 1 สัปดาห์ที่เก็บรักษา และภายหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จำนวนเชื้อลดลง 3.2-4.5 log cfu/g ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ต่ำมีผลต่อการขัดขวางการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรค

ตารางที่ 4.17 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ log cfu/g	
	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ[†]
0	<1	<1
15	<1	<1
30	<1	<1
45	<1	<1
60	<1	<1
75	<1	<1
90	<1	<1

[†] การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อจำนวนเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ log cfu/g	
	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ†
0	<1	<1
15	<1	<1
30	<1	<1
45	<1	<1
60	<1	<1
75	<1	<1
90	<1	<1

† การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

ตารางที่ 4.19 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อจำนวนเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ log cfu/g	
	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ†
0	<1	<1
15	<1	<1
30	<1	<1
45	<1	<1
60	<1	<1
75	<1	<1
90	<1	<1

† การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

4.3.3 ผลในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

4.3.3.1 ผลของการเก็บรักษาต่อการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ (Quantitative descriptive analysis, QDA)

จากการศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบมีคะแนนด้านกลิ่นแหนมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น แสดงให้เห็นว่าการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกันไม่ส่งผลต่อกลิ่นแหนม ซึ่งเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์มีคะแนนด้านกลิ่นแหนมเพิ่มขึ้น (P<0.05) ดังแสดงในภาพที่ 4.6 (ภาพ ก) โดยเพิ่มจาก 1 คะแนน เป็น 3 คะแนน แสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นนั้นจะส่งผลให้แหนมมีกลิ่นที่ชัดเจนมากขึ้น และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นแหนมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 3 คะแนน ในวันที่ 45 ของการเก็บรักษา

ด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ โดยคะแนน 0 คือไม่มีกลิ่นกลิ่นหืนและคะแนน 10 คือมีกลิ่นหืนรุนแรง พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่ากลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกันดังแสดงในภาพที่ 4.6 (ภาพ ข) ในขณะที่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนด้านกลิ่นหืนเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจากระดับที่ไม่มีกลิ่นหืน (0 คะแนน) ไปจนถึง 3 คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ โดยคะแนนความหืนในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศในวันที่ 30 มีแนวโน้มต่ำกว่าบรรจุแบบมีอากาศ แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า TBARs ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างเก็บรักษา ดังภาพที่ 4.4

ในด้านของความซีดหรือคล้ำของผลิตภัณฑ์ (คะแนน 0 คือซีดมาก คะแนน 10 คือคล้ำมาก) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบพบว่ามีคะแนนความซีดหรือคล้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในภาพที่ 4.6 (ภาพ ค) ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ และมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.15) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะซีดลง (P>0.05) โดยคะแนนความซีดคล้ำจะอยู่ในระดับ 4 กว่าๆ

เมื่อพิจารณาด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (คะแนน 0 คือนุ่มมาก คะแนน 10 คือแข็งมาก)โดยพิจารณาจากความแข็งพบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างบรรจุภัณฑ์สองชนิดผลิตภัณฑ์มีคะแนนความแข็งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการบรรจุแบบมีอากาศจะมีลักษณะที่นุ่มกว่าการบรรจุสุญญากาศ (P>0.05) ดังแสดงในภาพที่ 4.6 (ภาพ ง) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์มีคะแนนความแข็งลดลง (P>0.05) แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะนุ่มขึ้นเล็กน้อย โดยคะแนนจะอยู่ในระดับ 6 กว่าๆ คือใกล้เคียงกับตัวอย่างอ้างอิงคือ ถั่วลิสง จากผลการทดลองพบว่าสอดของกับค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่มีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.14

ส่วนด้านความเคี้ยวได้ของผลิตภัณฑ์ (คะแนน 1 คือเคี้ยวได้น้อยกว่า 10 ครั้ง คะแนน 10 คือเคี้ยวได้มากกว่า 70 ครั้ง) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าการเคี้ยวได้ระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังภาพที่ 4.6 (ภาพ จ) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

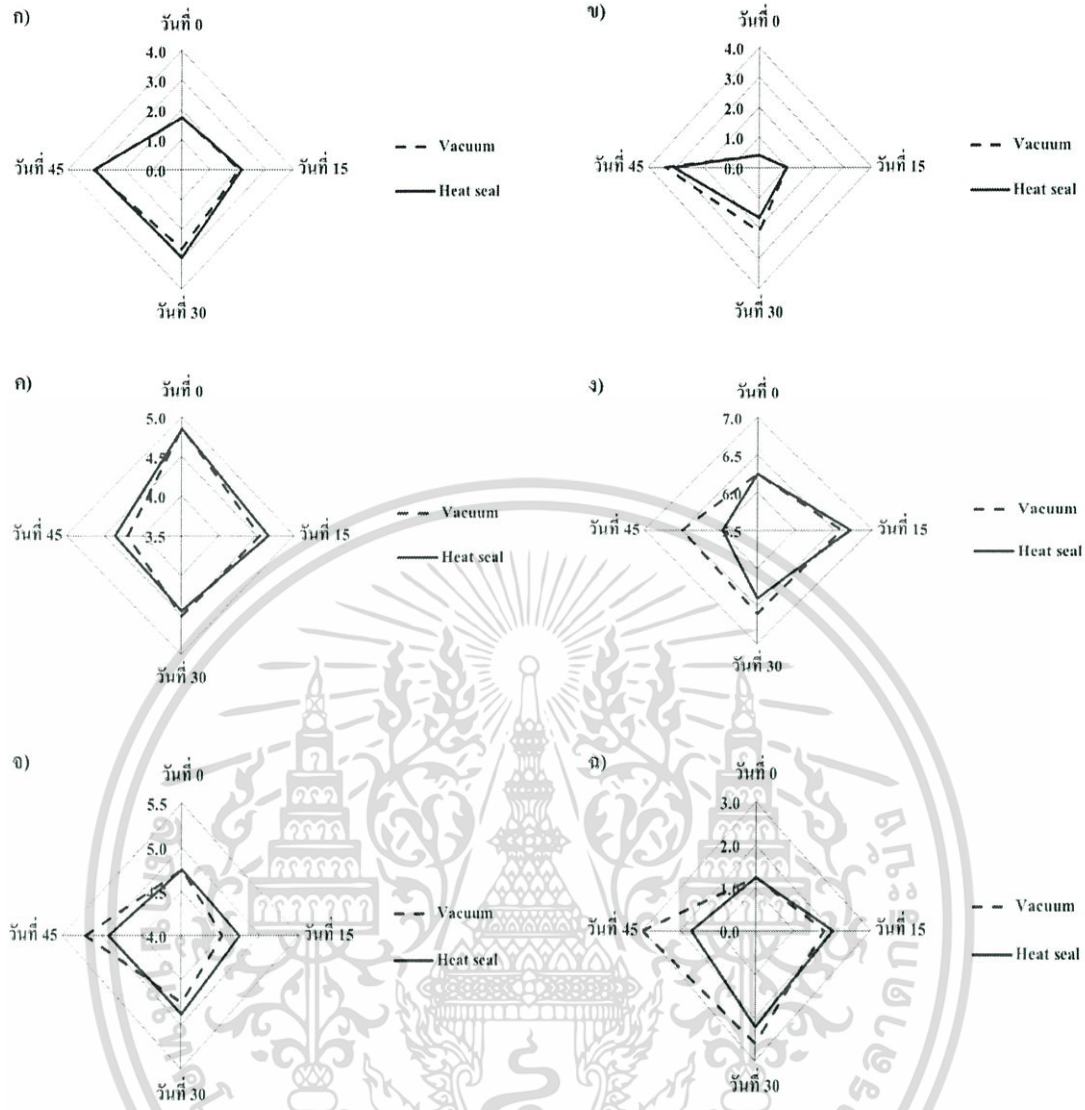
คะแนนจะอยู่ในระดับที่เคี้ยวได้ตั้งแต่ 32-55 ครั้ง ซึ่งเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศมีค่าการเคี้ยวได้เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) แต่ในขณะที่การบรรจุแบบมีอากาศนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาด้านความเปรี้ยว (คะแนน 0 คือไม่เปรี้ยวเลย คะแนน 10 คือเปรี้ยวมาก) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีคะแนนความเปรี้ยวสูงกว่าบรรจุแบบมีอากาศ ($P<0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4.6 (ภาพ ฉ) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นรสเปรี้ยวมากขึ้น ($P<0.05$) โดยพบว่าในการบรรจุแบบสุญญากาศมีคะแนนเพิ่มขึ้นจาก 1 คะแนน เป็น 3 คะแนน ในวันที่ 45 ของการเก็บรักษา และในการบรรจุมีอากาศพบว่ามีคะแนนเพิ่มขึ้นจาก 1 คะแนนเป็น 2 คะแนนวันที่ 30 ซึ่งสอดคล้องกับกลิ่นรสแหนมที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นและในวันที่ 45 ของการเก็บรักษาพบว่าบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศมีคะแนนความเปรี้ยวสูงกว่าบรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศ ($P<0.05$)

4.3.3.2 ผลของการเก็บรักษาต่อการประเมินความชอบของผู้บริโภค

จากผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน โดยทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความเปรี้ยว และลักษณะโดยรวมพบว่าการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันสองชนิดนั้นผู้บริโภคมีคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกคุณลักษณะ ($P>0.05$) หมายความว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันสองแบบไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาในด้านระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่า ณ วันที่ 0 ของการเก็บรักษานั้นผู้ทดสอบให้คะแนนอยู่ในระดับชอบ ในทุกลักษณะที่ประเมิน ยกเว้นความเปรี้ยวและลักษณะโดยรวมที่ผู้ทดสอบให้คะแนนอยู่ในระดับเฉยๆ ในขณะที่คะแนนความชอบของผู้บริโภคในด้านสีและลักษณะปรากฏพบว่าในช่วงวันที่ 15-45 ผู้ทดสอบมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับเฉยๆ ส่วนในด้านเนื้อสัมผัส และลักษณะโดยรวมพบว่า ณ วันที่ 15-30 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับเฉยๆ เช่นกัน ในขณะที่กลิ่นรส และความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์นั้น ณ วันที่ 15 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบให้คะแนนอยู่ในระดับเฉยๆ จากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส นั้น ณ วันที่ 45 ของการเก็บรักษา ผู้บริโภคไม่ชอบผลิตภัณฑ์ในด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความเปรี้ยว และลักษณะโดยรวม โดยให้คะแนนที่ยอมรับได้ในคุณลักษณะด้านสี และลักษณะปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสแบบวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ ด้านกลิ่นแหนม (ก) ด้านกลิ่นหืน (ข) ด้านความฉีดหรือคล้ำ (ค) ด้านความแข็ง (ง) ด้านความเคี้ยวได้ (จ) และด้านความเปรี้ยว (ฉ) ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งเป็นเวลา 45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อการประเมินความชอบของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ†
สี	0	5.03 ± 0.76 ^{A,‡}	5.03 ± 0.76 ^{A}
	15	4.47± 1.25 ^{B}	4.37 ± 1.22 ^{B}
	30	4.07 ± 1.17 ^{B}	4.13 ± 1.20 ^{AB}
	45	4.03 ± 0.89 ^{B}	3.73 ± 0.83 ^{C}
ลักษณะปรากฏ	0	5.10 ± 0.66 ^{A}	5.10 ± 0.66 ^{A}
	15	4.40 ± 1.13 ^{B}	4.40 ± 1.00 ^{B}
	30	4.03 ± 1.09 ^{B}	4.13 ± 1.14 ^{B}
	45	4.07 ± 0.98 ^{B}	4.10 ± 0.84 ^{B}
เนื้อสัมผัส	0	5.10 ± 0.99 ^{A}	5.10 ± 0.99 ^{A}
	15	4.70 ± 1.02 ^{A}	4.50 ± 1.11 ^{B}
	30	4.03 ± 0.96 ^{B}	3.87 ± 0.96 ^{B}
	45	3.53 ± 1.25 ^{B}	3.63 ± 0.94 ^{B}
กลิ่นรส	0	5.03 ± 0.81 ^{A}	5.03 ± 0.81 ^{A}
	15	4.37 ± 1.30 ^{B}	4.10 ± 1.30 ^{B}
	30	3.63 ± 1.24 ^{C}	3.90 ± 1.09 ^{C}
	45	3.60 ± 1.10 ^{C}	3.80 ± 1.02 ^{C}
ความเปรี้ยว	0	4.27 ± 1.31 ^{A}	4.27 ± 1.31 ^{A}
	15	4.37 ± 1.25 ^{A}	4.13 ± 1.14 ^{A}
	30	3.77 ± 0.27 ^{AB}	4.03 ± 1.07 ^{AB}
	45	3.60 ± 1.19 ^{B}	3.60 ± 1.18 ^{B}
ลักษณะโดยรวม	0	4.90 ± 0.80 ^{A}	4.90 ± 0.80 ^{A}
	15	4.60 ± 1.19 ^{A}	4.47 ± 1.31 ^{A}
	30	4.00 ± 0.87 ^{B}	4.13 ± 0.90 ^{B}
	45	3.80 ± 1.06 ^{B}	4.00 ± 0.95 ^{B}

^{ABC} ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

† การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

‡ คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 4 คือ เฉยๆ คะแนน 7 คือ ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง จากตารางที่ 4.21 พบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลมีปริมาณความชื้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 28.62 และ 33.63 ($P<0.05$) ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีปริมาณความชื้นร้อยละ 25.59 สอดคล้องกับคุณสมบัติของกลีเซอรอลในการปรับความชื้นและควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ในเนื้อกึ่งแห้ง (Barrett *et al.* 1998) จึงทำให้กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลมีปริมาณความชื้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลนั้นยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 10.54 และ 14.38 ตามลำดับ ($P<0.05$) ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 6.18 โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งนั้นมีส่วนผสมที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงได้แก่ ข้าวเจ้าสุก และกลีเซอรอล โดยมีส่วนประกอบของข้าวเจ้าสุกร้อยละ 6.73 ซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตถึงร้อยละ 80 (Thomas *et al.* 2013) นอกจากนี้กลีเซอรอลยังมีคาร์โบไฮเดรตถึงร้อยละ 83.94 (Dozier *et al.* 2007) ดังนั้นในสูตรที่มีการเติมกลีเซอรอลมากขึ้นจึงทำให้มีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ โดยปริมาณความชื้น และคาร์โบไฮเดรต มีค่าผกผันกับปริมาณไขมัน โปรตีน และเถ้า โดยพบว่าค่าดังกล่าวมีค่าสูงสุดในกลุ่มควบคุมโดยมีค่าร้อยละ 4.76, 56.82 และ 6.66 ตามลำดับ รองลงมาคือกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 โดยมีค่าร้อยละ 4.62, 50.18 และ 5.06 ตามลำดับและพบว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าต่ำสุดคือร้อยละ 3.71, 42.65 และ 5.64 ตามลำดับ

เมื่อคำนวณค่าพลังงานทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าพลังงานสูงกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเฉพาะพลังงานที่ได้จากโปรตีน และไขมัน ในขณะที่พลังงานที่ได้จากคาร์โบไฮเดรตกลับพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ($P<0.05$) เนื่องจากกลุ่มควบคุมไม่มีการเติมกลีเซอรอลซึ่งเป็นสารฮิวเมกเตนท์ที่ได้จากมันสำปะหลังซึ่งจัดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ซึ่งสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานสูง และมีปริมาณไขมันต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่นๆ เช่น แฮม ไส้กรอก หมูยอ กุนเชียง เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณไขมันสูง (กรมอนามัย. 2557) ผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งจึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ผลของกลีเซอรอลต่อองค์ประกอบทางเคมี และพลังงานจากการคำนวณต่อหนึ่งร้อยกรัมของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กลุ่มควบคุม	กลีเซอรอล 5%	กลีเซอรอล 10%
ความชื้น (%)	25.59 ± 0.01^{c}	28.62 ± 0.27^{b}	33.63 ± 0.27^{a}
ไขมัน (%)	4.76 ± 0.33^{b}	4.62 ± 0.28^{b}	3.71 ± 0.28^{c}
โปรตีน (%)	56.82 ± 0.16^{a}	50.18 ± 0.05^{b}	42.65 ± 0.05^{c}
คาร์โบไฮเดรต (%)	6.18 ± 0.52^{c}	10.54 ± 0.04^{b}	14.38 ± 0.04^{a}
เถ้า (%)	6.66 ± 0.03^{a}	6.06 ± 0.01^{b}	5.64 ± 0.01^{c}
ค่าพลังงาน (kcal/100 g)	294.80 ± 1.52^{a}	284.40 ± 1.21^{b}	261.49 ± 2.51^{c}
- พลังงานจากโปรตีน	227.28 ± 0.62^{a}	200.70 ± 0.20^{b}	170.58 ± 0.20^{c}
- พลังงานจากคาร์โบไฮเดรต	24.72 ± 2.09^{c}	42.16 ± 0.96^{b}	57.52 ± 0.17^{a}
- พลังงานจากไขมัน	42.80 ± 2.99^{a}	41.54 ± 1.97^{a}	33.39 ± 2.55^{b}

^{abc} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ให้ผลดีที่สุดทั้งในด้านของลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าทุกกลุ่มการทดลอง เนื่องจากมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และลักษณะโดยรวมสูงกว่ากลุ่มควบคุมเช่นกัน

5.1.2 สำหรับความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งพบว่าแบคทีเรียก่อโรคมีจำนวนต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (< 1 log cfu/g) นั่นหมายความว่าผลิตผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมีความปลอดภัยในการนำไปรับประทาน

5.1.3 ในด้านความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่บรรจุทั้งสองแบบมีคุณภาพด้านต่างๆ ใกล้เคียงกัน เว้นแต่ค่าการออกซิเดชันของไขมัน โดยพบว่าการบรรจุแบบสุญญากาศนั้นมีค่าการออกซิเดชันของไขมันสูงกว่าการบรรจุแบบมีอากาศภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจน แต่การบรรจุแบบสุญญากาศก็มีข้อดีคือมีรสเปรี้ยวของแหนมมากกว่า นอกจากนี้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษามีค่าต่ำกว่า 0.85 ซึ่งทำให้ตรวจไม่พบแบคทีเรียก่อโรค อย่างไรก็ตามพบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบผู้บริโภคสามารถยอมรับจนถึงวันที่ 45 ของการเก็บรักษา

5.1.4 ผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานสูง และมีปริมาณไขมันต่ำ จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีรสชาติเปรี้ยวน้อยกว่าแหนมที่ผู้บริโภคทั่วไปนิยมรับประทาน ดังนั้นจึงน่าจะทำการพัฒนาต่อไปในด้านกระบวนการหมักโดยอาจเติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการหมัก

นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งมีสีซีดเกินไป ดังนั้นจึงแนะนำให้เติมอิริทอร์เบทเพื่อเร่งการเปลี่ยนแปลงไนเตรทเป็นไนไตรท์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงที่น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น และพัฒนาในด้านอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่นรส และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาที่นานเพียงพอในการกระจายสินค้าต่อไปยังผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์. 2555. **สรุปข้อมูลและสถิติจานวนโคเนื้อและเกษตรกรผู้เลี้ยง ประจำปี 2554.** [ออนไลน์] สืบค้นจาก : http://www.dld.go.th/ict/th/images/stories/stat_web/yearly/2554 /beef54/re port_beef_54.pdf. สืบค้นวันที่ 23 เมษายน 2556.

กระทรวงสาธารณสุข. 2554. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง เกลือบริโภค.** [ออนไลน์] สืบค้นจาก : iodinethailand.fda.moph.go.th/food_54/data/announ_moph/P-021.pdf. สืบค้นวันที่ 6 เมษายน 2556.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ 2545. **กระบวนการแปรรูปอาหาร.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คมแข พิลาสมบัติ และ ศุภลักษณ์ สรภักดี. 2558. **เอกสารประกอบการอบรม โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยี "การแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง."** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ พรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ. 2553. **การแปรรูปเนื้อสัตว์.** เอกสารประกอบการอบรมการแปรรูปเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 3. ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. **เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ขั้นสูง.** กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชิสา วิบูลย์ชาติ. 2546. "การตรวจหาเชื้อ *campylobacter jejuni* และ *clostridium perfringens* ในแหนมและการปรับสูตรการผลิตเพื่อลดเชื้อก่อโรค." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา พิษวิทยาทางอาหารและโภชนาการ, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ดำรงศักดิ์ ชัยสนิท และก่อเกียรติ วิริยะกิจวัฒนา. 2537. **การบรรจุภัณฑ์.** กรุงเทพฯ : วังอักษร.

นภา โล่ห์ทอง. 2535. **กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : หจก. ฟันนี่ พับบลิชชิ่ง.

ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์ สุคันธา โอศิริพันธุ์อดิศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์ และ ฆรณี ตุ้ยเต็มวงศ์. 2547. "การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณต่อเชื้อ *Salmonella* spp. ในแหนมหมู." หน้า 52-64. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. **อาหารกึ่งแห้ง.** เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.145/2546). 2546. **แหนม.** [ออนไลน์] สืบค้นจาก : http://app.tisi.go. th/otop/pdf_ file/tcps 297_49.pdf. สืบค้นวันที่ 6 เมษายน 2556.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 297/2547). 2549. **เนื้อแดดเดียว.** [ออนไลน์] สืบค้นจาก : http://app.tisi.go .th/otop /pdf_file/tcps297_49.pdf. สืบค้นวันที่ 4 เมษายน 2556.

ยุวเรศ เรืองพานิช และ พิเชษฐ ศรีบุญยงค์. 2552. **กลีเซอรอล : หนึ่งพลังงานทางเลือกเพื่อการผลิตอาหาสัตว์กระเพาะเดี่ยว**. [ออนไลน์] สืบค้นจาก : http://agri.kps.ku.ac.th/animal/animal science/. สืบค้นวันที่ 20 กันยายน 2557.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต.

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพ ฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

สมใจ ศิริโภค. 2537. **เทคโนโลยีการหมัก**. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2551. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์มิ่งเมือง.

สำนักงานอาหารและยา. 2557. **ข่าวกลุ่มประชาสัมพันธ์.** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www.fda.moph.go.th/www_fda/data_center/ifm_mod/nw/ข่าวสาหร่ายขนมทอดกรอบ.pdf. สืบค้นวันที่ 17 กันยายน 2557.

สุจยา ฤทธิศร, สุทธวรรณ สุพรรณ, กัลยาณี ชูช่อเกตุ, ดารารัตน์ เรียเต็ม และวัชรีวรรณ บุญส่งศรี 2553. "การปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ในอาหารประเภทแหนม." **Sci. Tech. RMUTT J.** 3(1) : 17 - 31.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549. **ตำราจุลชีววิทยาทางอาหาร.** กรุงเทพ ฯ : จามจุรีโปรดักท์.

อัจฉรา เพิ่ม. 2550. **แบคทีเรียแลคติก**. กรุงเทพฯ : หจก. ภาพพิมพ์.

ACMSF. 2007. **Report on Safe Cooking of Burgers.** London : Food standards agency.

Aday, M.S. and Caner, C. 2013. "The shelf life extension of fresh strawberries using an oxygen absorber in the biobased package." **Food Sci. Tech.** 52 : 102-109.

Ahn, D. U. and Lee, E. J. 2004. **Mechanisms and prevention of off-odor production and color changes in irradiated meat.** Washington : American Chemical Society.

Albright, S.N., Kendall, P. A.,Avens, J. S., and Sofos, J.N. 2002. "Effect of marinade and drying temperature on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on inoculated home dried beef jerky." **J. Food Safety.** 22 : 155-167.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. **Association of Official Analytical Chemists.** Washington DC. **:** AOAC international.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. **Association of Official Analysis Chemist.** Washington D.C. : AOAC international.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th Ed. **Association of Official Analytical Chemists.** Maryland : AOAC international.

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.** U.S.A. : AOAC international.

AOAC. 2006. Chapter 17 AOAC Official Method 966.23c-24. P. 5-6 *In* Horwitz, W. and Latimer, W. **Official methods of analysis of AOAC international.** Maryland : AOAC international.

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/BacteiologicalAnalyticalManualBAM. 15/09/2014.

Barbosa-Canovas, G.V. and Juliano, P. 2007. "Desorption phenomena in food dehydration process." p. 313-340. *In* Barbosa-Cánovas, G.V., Fontana, A.J., Schmidt, S.J. and Labuza, T.P. (eds.). **Water activity in foods: fundamentals and applications.** Blackwell : Publishing Professional.

Barrett, A. H., Briggs, J., Richardson, M. and Reed, T. 1998. "Texture and storage stability of processed beef sticks as affected by glycerol and moisture levels." **J. Food Sci.** 63 : 84-87.

Bernbom, N., Yin Ng, Y., Paludan-Müller, C. and Gram L. 2009. "Survival and growth of *Salmonella* and *Vibrio* in som-fak, a Thai low-salt garlic containing fermented fish product." **Int. J. Food Microbiol.** 134 : 223–229.

Berry, B.W. and Bigner-George M.E. 2000. "Factors affecting color properties of beef patties cooked on an outdoor gas grill." J. Muscle Food. 11 : 213-226.

Bianen, A.L., Dabidson, P.M., Salminen, S. and Thorngate, J.H. 2002. **Food additives.** New York : Rlarcel Ilekker.

Bottazi, V. 1988. "An introduction to rod-shaped lactic acid bacteria." p. 69-102. *In* Campbell-platt, G. and Cook, P.E. (ed.). **Fermented Meat.** England : Chapman and Hall.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bowser, T. T., Mwavita, M., Ahmed, A.S., McGlynn, W. and Maness, N.O. 2014. "Quality and shelf life of fermented lamb meat sausage with rosemary extract." **Open Food Sci.** J. 8 : 22-31.

Brown, M.H. 1982. **Meat microbiology**. London : Applied Science.

Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid, Peroxidation. p. 302–310. *In* Flesicher, S., Packer, L. (eds.). **Methods in Enzymology.** New York : Academic Press.

Calicioglu, M., Sofos, J.N., Samelis, J., Kendall, P.A. and Smith, G.C. 2003. "Effect of acid adaptation on inactivation of *Salmonella* during drying and storage of beef jerky treated with marinades." **Int. J. Food Microbiol.** 89(1) : 51-65.

Campbell-Platt, G. 1995. "Fermented meats-a world perspective." p. 39-51. *In* Campbell-platt, G. and Cook, P.E. (ed.). **Fermented Meat.** England : Chapman and Hall.

Caplice, E. and Fitzgerald, G.F. 1999. "Food fermentations: role of microorganisms in food production andpreservation." **Int. J. Food Microbiol.** 50 : 131–149.

Chantarapanont, W., Nitisinprasert, S. and Frank, J.F. 2012. "Survival of shiga toxin-producing *Escherichia coli* (O157 : H7 and Non-O157 : H7) and effectiveness of thermal inactivation by microwaves in Nham (Thai Fermented Sausage)." **Int. J. Food Microbiol.** 46 : 966 – 977.

Chen, W.S., Liu, D. C., Chen, M. T. and Ockerman, H. W. 2000. "Improving texture and storage stability of Chinese-sytle pork jerky by the addition of humectants". **J. Anim. Sci.** 13(2) : 1455-1460.

Choi, J. H., Jeong, J. Y., Han, D. J., Choi, Y. S., Kim, H. Y., Lee, M. A., Lee, E. S., Paik, H. D., and Kim, C. J. 2008. "Efffect of pork/beef levels and various casing on quality properties of semi-dried jerky." **Meat Sci.** 80 : 278-286.

Choi, Y.S., Jeong, J.Y., Choi, J.H., Han, J.D., Kim, H.Y., Lee, M.A., Paik, H.D. and Kim, C.J. 2007. "Effects of packaging methods on the quality of Korean style beef and pork jerky during storage." **Korean J. Food Cookery Sci.** 23(5) : 579-588.

Chokesajjawatee, N., Pornaem, S., Zo, Y.G., Kamdee, S., Luxananil, P., Wanasen, S. and Valyasevi R. 2009. "Incidence of *Staphylococcus aureus* and associated risk factors in Nham, a Thai fermented pork product." **Food Microbial.** 26(5) : 547–551.

Daigle, S. and Eifert, J. 2005. "Safe Processing of Meat and Poultry Jerky." **Virginia cooperative extension.** 30(2) : 458-501.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

De Vuyst, L. and E.J. Vandamme. 1994. "Antimicrobial potential of lactic acid bacteria." p. 91-142. *In* Vuyst, L.D. and Vandamme, E.J. (ed.). **Bactreiocin of lactic acid bacteria.** England : Chapman and Hall.

Dirar, H.A. 1992. **The Indigenous Fermented Food of the Sudan: A Study of African Food and Nutrition.** England : Cab international.

Donlao, N. and Siriwattanayotin S. 2012. "Moisture Adsorption Ishotherms of Assam Green Tea Powder." *In* **The 1st Mae Fah Luang University International Conference.** November 29 - December 1, 2012, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand.

Donnell, K.O. and Kearsley W. 1988. **Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology.** 2nd ed. London : Oxford University Press.

Dozier, W. A., Kerr, B. J., Corzo, A., Kidd, M. T., Weber, T. E . and Bregendahl, K. 2007. "Apparent Metabolizable Energy of Glycerin for Broiler Chickens." **Poult. Sci.** 87 : 317–322.

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.

Friedrich, J.E. 2001. "Tritratable Activity of Acid Tastants." P. 50-60. *In* Friedrich, J.E. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry.** Minesota : Cargill Incorporated Minneapolis.

FSIS. 2012. **FSIS compliance guideline for meat and poultry jerky produced by small and very small establishments.** Washington, D.C. : USDA.

Guilbert, S., Clement, O. and Cheftel, J. C. 1981. "Relative efficiency of various a_w-lowing agents in aqueous solutions and in intermediate moisture foods." **Lebensm. Wiss. Technol.** 14 : 245-251.

Han, D.J., Jeong, J.Y., Choi, J.H., Kim, H.Y., Lee, M.A., Lee, E.S., Paik, H.D. and Kim, C.J. 2008. "Effect of various humectants on quality properties of pork jerky." **Korean J. Food Sci. Anl. Resour.** 28(4) : 486-492.

Han-Sul Yang, Young-Hwa Hwang, Seon-Tea Joo and Gu-Boo Park. 2009. "The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky." **Meat Sci.** 82 : 289–294.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Harrison, J.A., and Harrison, M.A. 1996. "Fate of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* Typhimurium during preparation and storage of beef jerky." Cited by Calicioglu, M., Sofos, J.N., Samelis, J., Kendall, P.A. and Smith, G.C. 2003. "Effect of acid adaptation on inactivation of *Salmonella* during drying and storage of beef jerky treated with marinades." **Int. J. Food Microbiol.** 89 (1) : 51-65.

Hospital, X.F., Hierro, E. and Fernández M. 2014. "Effect of reducing nitrate and nitrite added to dry fermented sausages on the survival of *Salmonella* Typhimurium." **Food Res. Int.** 62 : 410–415.

Jaichumjai, P. Valyasevi, R. Assavanig, A. and Kurdi, P. 2010. "Isolation and characterization of acid-sensitive *Lactobacillus plantarum* with application as starter culture for Nham production." **Food Microbiol.** 27(3) : 741-748.

Jones , K.L. and Killefer J. 2009. "The effect of pH on shelf-life of pork during aging and simulated retail display." **Meat Sci.** 82 : 86-93.

Kato, T., T. Matsuda, T. Tahara, M. Sugimoto, Y. Sato and R. Nakamura. 1994. "Effects of meat-conditioning and lactic acid fermentation of pork muscle protein degradation." **Biosci. Biotechnol. Biochem.** 58 : 408-410.

Keene, W., Sazie, E., Kok, J., Rice, D., Hancock, D. and Balan, V. 1997. "An outbreak of *Escherichia coli* O157 : H7 infections traced to jerky made from deer meat." Cited by Scheinberg J.A., A. L. Svoboda and C. N. Cutter. 2014. "High-pressure processing and boiling water treatments for reducing *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., and *Staphylococcus aureus* during beef jerky processing." **Food control.** 39 (1) : 105-110.

Kim, G.D. Jung, E.Y. Seo, H.W. Joo, S.T. and Yang, H.S. 2010. "Textural and sensory properties of pork jerky adjusted with tenderizers or humectant." **Korean J. Food Sci.** 30 (2) : 930-937.

Kim, S. M. and Sung, S.K. 1989. "Effects of level of glycerol addition on physicochemical characteristics of intermediate moisture meat." **Korean J. Anim. Sci.** 31: 342–352.

Kingcha, Y. Tosukhowong, A. Zendo, T. Roytrakul, S. Luxananil, P. Chareonpornsook, K. Valyasevi, R. Sonomoto, K. and Visessanguan, W. 2011. "Anti-listeria activity of *Pediococcus pentosaceus* BCC 3772 and application as starter culture for Nham, a traditional fermented pork sausage." **Food Control.** 25(1) : 190-196.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kitamura, S., Muroya, S. and Nakajima, I. 2006. Amino acid sequences of porcine fast and slow troponin T isoforms. **Biosci. Biotech. Biochem.** 70 : 726-728.

Konieczny, P., Stangierski, J. and Kijowski, J. 2007. "Physical and chemical characteristics and acceptability of home style beef jerky." **Meat Sci.** 76 (2) : 253–257.

Kulp, K.S., Fortson, S.L., Knize, M.G. and Felton, J.S. 2003. "An in vitro model system to predict the bioaccessibility of heterocyclic amines from a cooked meat matrix." **Food Chem. Toxicol.** 41 : 1701–1710.

Labuza, T. P. and Saltmarch, M. 1981. "The non-enzymatic browning reaction as affected by water in foods. *In* Rockland, L. (ed.). **Water Activity Influences on Food Quality**. New York : Academic Press.

Laemmli UK. 1970. "Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4." **Nature.** 227 : 185-680.

Lahti, E., Johansson, T., Honkanen-Buzalski, T., Hill, P. and Nurmi, E. 2001. "Survival and detection of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* during the manufacture of dry sausage using two different starter cultures." **Food Microbiol.** 18 : 75-85

Lawrie, R. 1995. "The structure, composition and preservation of meat." p. 1-33. *In* Campbell-platt, G. and Cook, P.E. (ed.). **Fermented Meat.** England : Chapman and Hall.

Leung, H. K., Mallock, J. P., Meyer, R. S. and Morad, M. M. 1984. "Storage stability of a puff pastry dough with reduced water activity." **J. Food Sci.** 49 : 1405-1409.

Lim, D.G., Kim, J.J., Seo, K.S. and Nam, K.C. 2012. "Effect of natural antioxidant extracted from *Citrus junos seib.* or *Prunus mume.* on the quality traits of sun-dried Hanwoo beef jerky." **CNU J. Agric. Sci.** 39 (2) : 243-253.

Liu, D. Qu, J., Sun, D.W., Pu, H. and Zeng X.A. 2013. "Non-destructive prediction of salt contents and water activity of porcine meat slices by hyperspectral imaging in a salting process." **Innov. Food Sci. Emerg. Technol.** 20 : 316–323.

Lonergan, E.H. and Lonergan, S.M. 2005. "Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes." **Meat Sci.** 71 : 194–204.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J. 1951. "Protein measurement with the Folin phenol reagent." **J. Biol. Chem.** 193 : 265-275.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lücke, F.K. 1985. "Fermented sausages." p. 41-83. *In* B.J.B. Wood (Ed). **Microbiology of fermented foods.** New York : Springer.

Luxananil, P., Promchai, R., Wanasen, S., Kamdee, S., Thepkasikul, P., Plengvidhya, V., Visessanguan, W. and Valyasevi, R. 2009. "Monitoring *Lactobacillus plantarum* BCC 9546 starter culture during fermentation of Nham, a traditional Thai pork saugsage." **Int. J. Food Microbiol.** 129 : 312-315.

Mcguire, R. G. 1992. " Reporting of objective color measurements." **Hort. Sci.** 27 : 1254-1255.

Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1987. **Sensory evaluation techniques**. Florida : CRC Press.

Miller, A. J., Strange, E. D., and Whiting, R. C. 1989. "Improved tenderness of restructured beef steaks by a microbialcollagenase derived from Vibrio B-30." Cited by Kim, G.D. Jung, E.Y. Seo, H.W. Joo, S.T. and Yang, H.S. 2010. "Textural and sensory properties of pork jerky adjusted with tenderizers or humectant." **Korean J. Food Sci**. 30 (2) : 930-937.

Molly, k., D. Demeyer, G. Johansson, M. Raemaekers, M. Ghistelinck and I. Geenen. 1997. "The importance of meat enzyme in ripening and flavor generation in dry fermented sausages." **Food Chem.** 59 : 539-545.

Moren, M., Gail V.C. and Thomas C. 2000. **Sensory evaluation techniques.** New York : CRC Press.

Msagati, T.A.M. 2012. **The chemistry of food additives and preservatives.** Oxford : Wiley-Blackwell.

Muguruma, M., Nishimura, T., Umetsu, R., Goto, I. and Yamaguchi, M. 1987. "Humectants improve myosin extractability and water activity of raw, cured intermediate moisture meats." **Meat Sci.** 20 : 179-194.

Muthukumarasamy, P. and Holley, R.A. 2007. "Survival of Escherichia coli O157:H7 in dry fermented sausages containing micro-encapsulated probiotic lactic acid bacteria." **Food Microbiol.** 24 : 82-88.

Nakao, Y. Konno, A. Taguchi, T. Tawada, T. Kasai, H. Toda, J. and Terasaki, M. 1998. "Curdland: properties and application to foods." **Int. J. Food Microbiol.** 56 : 769-772.

Noonpakdee, W., Santivarangkna, C., Jumriangrit, P., Sonomoto, K. and Panyim, S. 2003. "Isolation of nisin-producing *Lactococcus lactis* WNC 20 strain." **Int. J. Food Microbiol.** 81(2) : 137– 145.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nørrung, B., Andersen, J.K. and Buncic, S. 2009. "Main concerns of pathogenic microorganisms in meat." p. 3-30. *In* Toldrá, F. **Safety of meat and processed meat.** New York : Springer.

Owens, J.D. 2015. **Indiginous fermented foods of Southeast Asia.** New York : CRC Press.

Pagliaro, M.and Rossi, M. 2010. **The Future of Glycerol.** 2nd ed. Cambridge : The Royal Society of Chemistry.

Paukatong, K.V. and Kunawasen, S. 2001. "The hazard analysis and critical control points (HACCP) generic model for the production of Thai pork sausage (Nham)." **Berliner Und Munchener Tierarztliohe Wochenschrift.** 114 : 1-4.

Pearson, A.M., Gray, J.I., wolzak, A.M. and Horeustein, N.A. 1982. "Salty implecation of oxidized lipid in muscle food" **Food Tech.** 37 : 121-129.

Petchsing, U. and Woodburn, M.J. 1990. "*Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in nham (Thai-style fermented pork sausage)." **Int. J. Food Microbiol.** 10 : 183–192.

Pichpol, D., Padungtod, P., Saksangawong, C., Chantharawimol, S. and Chanayad N. 2004. "Quantification and serotyping Salmonella spp. of fermented sausages (Nham) Chang Mai, Thailand." **Vet. J.** 10 : 125-136.

Pringsulaka, O. Patarasinpaiboon, N. Suwannasai, N. Atthakor, W.and Rangsiruji, A. 2010. "Isolation and characterisation of a novel Podoviridae-phage infecting *Weissella cibaria* N 22 from Nham, a Thai fermented pork sausage." **Int. J. Food Microbiol**. 28(2) : 518-525.

Quinton, R. D., Cornforth, D. P., Hendricks, D. G., Brennand, C. P., and Su, Y. K. 1997. "Acceptability and composition of some acidified meat and vegetable stick products." Cited by Yang, H.S., Hwang, Y.H. Joo, S.T. and Park, G.B. 2009. "The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky." **Meat Sci.** 82 (3) : 289-294.

Rattanachaikunsopon, P. and Phumkhachorn, P. 2010. "Lactic acid bacteria: their antimicrobial compounds and their uses in food production." **Annals. Biol. Res.** 1(4) : 218-228.

Richardson, P. 2001. **Thermal technologies in food processing.** New York : CRC Press.

Rockland, L.B. and Nishi S.K. 1980. "Fundamentals of water activity." **Food Tech.** 34 :42-59.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sanchez, E. A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltran, JA. and Roncales, P. 2003. "Antioxidant action of borage, rosemary, oregano, and ascorbic acid in beef patties packaged in modified atmosphere." **J. Food Sci.** 68: 339-4.

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." **World Appl. Sci. J.** 9 (1) : 14-22.

Scheinberg J.A., Svoboda, A. L. and Cutter, C. N. 2014. "High-pressure processing and boiling water treatments for reducing *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., and *Staphylococcus aureus* during beef jerky processing." **Food control.** 39 (1) : 105-110.

Sritongtae, B., Mahawanich, T. and Duangmal, K. 2011. "Drying of osmosed cantaloupe: effect of polyols on drying and water mobility." **Dry Technol.** 29(5) : 527-535.

Sumon, W. and Yaigate, T. 2010. "Effect of pineapple juice and papaya liquid on physical properties in sweet pork from cullings meat." **J. ISSAAS.** 16(1) : 123-161.

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P. and Griffiths, M.W. 2006. "Morphological and physiological responsesof *Campylobacter jejuni* to stress." **J. Food Protect.** 69 (11) : 2747-2753.

The Soap and Detergent Association. 1990. **Glycerine: an overview.** New York : The Soap and Detergent Association.

Thomas, R., Wan-Nadiah, W. A. and Rajeev, B. 2013. "Physiochemical properties, proximate composition, and cooking qualities of locally grown and imported rice varieties marketed in Penang, Malaysia." **Int. food J.** 20(3) : 1345-1351.

Toldrá, F. 2009. **Safety of Meat and Processed Meat.** New York : Springer.

U.S. Department of Agriculture. 2005. **Composition of foods raw, processed, prepared.** Maryland : U.S. government printing office.

United States. Food Safety and Inspection Service. Center for Learning.; Food Products Association.; Food Processors Institute (Washington, D.C.). 2005. **FSRE Shelf-stable Products Training Materials.** Washington : Food processors institute.

Varnam, A.H. 1995. **Meat and meat products: Technology, chemistry and microbiology.** London: Chapman & Hall.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Varnam, A.H. and Evans, M.G. 1991. **Foodborne pathogens an illustrated text.** England : BPCC Hazell books.

Visessanguan, W. Benjakul, S. Smitinont, T. Kittikun, C. and Panya A. 2004. "Influence of minced pork and rind ratios on physico-chemical and sensory quality of Nham – a Thai fermented pork sausage." **Meat Sci.** 69 (2) : 355–362.

Visessanguan, W., Benjakul, S.,Riebroy, S. and Thepkasikul, P. 2004. "Change in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham Characteristics." **Meat Sci.** 66 : 579-588.

Visessanguan, W., Benjakul,Smitinont, T., Kittikun, C. Thepkasikul, P. and Panya, A. 2006. "Change in microbiological, biochemical and physic-chemical properties of Nham inoculated with different inoculum levels of *Lactobacillus curvatus*." **Food Sci. Technol. Int.** 39 (7) : 814-826.

Xavier, M.D.L.P., Dauber, C., Mussio, P., Delgado, E., Maquieira, A., Soria, A., Curuchet, A., Márquez, R., Méndez, C. and López, T. 2014. "Use of mild irradiation doses to control pathogenic bacteria on meat trimmings for production of patties aiming at provoking minimal changes in quality attributes." **Meat Sci.** 98 (3) : 383–391

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

Yoon, Y., M. Calicioglu, P. A. Kendall, G. C. Smith and J. N. Sofos. 2005. Influence of inoculum level and acidic marination on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 during drying and storage of beef jerky. **Food Microbiol.** 22 : 423–4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมสารเคมี

1. การเตรียมสารละลายสำหรับการแยกโปรตีนด้วยกระแสไฟฟ้า

1.1 30% Monomer solution (acrylamide monomer) (100 มิลลิลิตร)

- acrylamide	30 กรัม
- Bisacrylamide	0.8 กรัม

ทำการละลายสาร acrylamide 30 กรัม และ Bisacrylamide 0.8 กรัม ในน้ำกลั่นผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร จากนั้นเก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.2 4X Resolving gel buffer (1.5 M Tris, pH 8.8) (100 มิลลิลิตร)

- Tris (hydroxymethyl) aminomethane	18.15 กรัม
- น้ำกลั่น	90 มิลลิลิตร

ทำการละลายสาร Tris 18.15 กรัม ในน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer เมื่อละลายแล้วทำการปรับ pH ให้ได้ 8.8 โดยใช้ 0.1 N HCl จากนั้นเก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3 4X Stacking gel buffer (0.5 M Tris, pH 6.8) (100 มิลลิลิตร)

- Tris (hydroxymethyl) aminomethane	6 กรัม
- น้ำกลั่น	90 มิลลิลิตร

ทำการละลายสาร Tris 6 กรัม ในน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer เมื่อละลายแล้วทำการปรับ pH ให้ได้ 6.8 โดยใช้ 0.1 N HCl จากนั้นเก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.4 10% Sodium dodecyl sulphate (SDS) (100 มิลลิลิตร)

- SDS	10 กรัม
- น้ำกลั่น	90 มิลลิลิตร

ทำการละลายสาร SDS 10 กรัมในน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer จากนั้นเก็บสารละลายที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 10X Tank buffer สำหรับSDS-PAGE (1000 มิลลิลิตร)

- Tris (hydroxymethyl) aminomethane	30.28 กรัม
- Glycine	144.13 กรัม
- SDS	10 กรัม
- น้ำกลั่น	900 มิลลิลิตร

ทำการละลายสาร Tris 30.28 กรัม Glycine 144.13 กรัม และ SDS 10 กรัม ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer เมื่อละลายแล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร โดยเจือจางสารละลาย 10 เท่า ก่อนใช้ สารละลายสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลา 1 เดือนที่อุณหภูมิห้อง

1.6 2X Sample buffer สำหรับSDS-PAGE (10 มิลลิลิตร)

- 4X Stacking gel buffer (0.5 M Tris, pH 6.8)	2.5 มิลลิลิตร
- Glycerol	2 มิลลิลิตร
- 10% SDS	4 มิลลิลิตร
- Bromophenol blue	1 มิลลิลิตร
- β-mercaptoethanol	0.2 มิลลิลิตร

ทำการละลายสาร4X Stacking gel buffer 2.5 มิลลิลิตร Glycerol 2 มิลลิลิตร 10% SDS 4 มิลลิลิตร Bromophenol blue 1 มิลลิลิตร และ β-mercaptoethanol 0.2 มิลลิลิตร ให้เข้ากันและปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

1.7 Staining solution (1000 มิลลิลิตร)

- Coomassie brilliant blue (R-250)	1.25 กรัม
- Ethanol	450 มิลลิลิตร
- Acetic acid	100 มิลลิลิตร

ทำการละลายสาร Coomassie brilliant blue (R-250) 1.25 กรัม ใน Ethanol 450 มิลลิลิตร และ Acetic acid 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร โดยเก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิห้อง

1.8 Destaining solution (1000 มิลลิลิตร)

- Methanol	300 มิลลิลิตร
- Acetic acid	100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการละลายสาร Methanol 300 มิลลิลิตรและ Acetic acid 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร

2. การเตรียมสารละลายสำหรับการตรวจวัดการออกซิเดชั่นของไขมันด้วยเทคนิค TBARS

2.1 0.25 N HCl (1000 มิลลิลิตร)

- 37% HCl 20.73 มิลลิลิตร

เทน้ำกลั่นลงในขวดปรับปริมาตร 500 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรด HCl 20.73 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร (ควรทำในตู้ดูดควัน)

2.2 0.375% 2-Thiobarbituric acid (1000 มิลลิลิตร)

- 2-Thiobarbituric acid 3.75 กรัม
- 15% Trichloacetic acid 150 กรัม

ทำการละลายสาร 2-Thiobarbituric acid 3.75 กรัม และ15% Trichloacetic acid 150 กรัม ด้วย 0.25 N HCl ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer จากนั้นปรับปริมาตรด้วย 0.25 N HCl ให้ครบ 1000 มิลลิลิตร จากนั้นเก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.3 Stock สาร 1,3,3,3 tetra-ethoxypropane (TEP) (100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

- 1,3,3,3 tetra-ethoxypropane (TEP) 10.88 ไมโครลิตร

ดูดสาร 1,3,3,3 tetra-ethoxypropane (TEP) 10.88 ไมโครลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติม ethanol 95% ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร เก็บให้พ้นแสงแดดในตู้เย็นทุกครั้งหลังใช้ โดยทำการเจือจาง stock MDA 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เป็น 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ก่อนใช้ทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Peptone 0.1% ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

peptone 1 กรัม

น้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

ละลาย peptone กับน้ำกลั่นให้เข้ากัน จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซลเซียส นาน 15 นาที

2. Plate count agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

plate count agar 22.5 กรัม

น้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

ละลาย plate count agar กับน้ำกลั่นให้เข้ากัน จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซลเซียส นาน 15 นาที

3. Chromocult agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

chromocult agar 26.5 กรัม

น้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

เตรียมอาหาร chromocult agar โดยการนำอาหารมาผสมกับน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นนำอาหารไปผ่านความร้อนให้อาหารละลาย โดยห้ามนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของอาหารเปลี่ยนแปลงไป

4. Baird-parker agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

baird-parker agar 58 กรัม

น้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

Egg yolk 9 มิลลิลิตร

Potassium tellulite 40 มิลลิลิตร

ละลายอาหาร baird-parker agar กับน้ำกลั่นให้เข้ากัน จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วเตรียมด้วย egg yolk- tellulite emulsion เขย่าให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การเตรียม egg yolk

1.1 นำไข่ไก่สดมาล้างให้สะอาด จากนั้นนำไปแช่ใน 70 % ethyl alcohol เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.2 นำมาวางในบีกเกอร์ที่มีกระดาษกรองรองที่ปลอดเชื้อ ทิ้งไว้ให้แอลกอฮอล์ระเหยจนหมด

1.3 ตอกไข่ในตู้ปลอดเชื้อ ทำการแยกไข่ขาวออกให้หมดโดยเทคนิคปลอดเชื้อ แยกส่วนที่เป็นไข่แดงลงในบีกเกอร์ปลอดเชื้อ เติมไข่แดงลงในขวดดูแรนขนาดปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่มีน้ำเกลือร้อยละ 0.85 ปริมาตร 140 มิลลิลิตร โดยผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเติมไข่แดงจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร (ผสมในอัตราส่วนน้ำเกลือ 5 ส่วน + ไข่แดง 5 ส่วน) เขย่าให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้

2) การเตรียม 1% Potassium tellurite

2.1 ชั่ง potassium tellulite 1 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์แก้ว ใส่น้ำกลั่นทำการคนจนสารละลายหมด ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร

2.2 นำ potassium tellulite ที่ผ่านการปรับปริมาตรแล้วใส่ในบีกเกอร์แก้วทำให้ปลอดเชื้อโดยการกรองด้วยกระดาษกรองปลอดเชื้อ จากนั้นใส่ลงในขวดดูแรนปลอดเชื้อ โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำไปใช้

3) การผสม egg yolk-tellurite emulsion

3.1 นำ egg yolk solution ที่เตรียมไว้ผสมกับ 1% potassium tellurite ที่ผ่านการกรองแล้วปริมาตร 40 มิลลิลิตรโดยวัดปริมาตรด้วยกระบอกตวงที่ปลอดเชื้อ จากนั้นผสมลงในขวดดูแรนที่มี egg yolk solution

3.2 ทำการเขย่าให้เข้ากัน จะได้ egg yolk tellurite 240 มิลลิลิตร เก็บในขวดดูแรนปลอดเชื้อที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำไปใช้

4) การเตรียม baird-parker medium 300 มิลลิลิตร

4.1 ชั่งอาหาร baird-parker agar 17.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 285 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

4.2 เมื่ออาหารเลี้ยงเชื้อเย็นลงจนได้อุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส จึงเติม egg yolk tellurite ปริมาตร15 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเขย่าให้เข้ากัน

5. Malt agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Malt	30 กรัม
Agar	15 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดแลคติก 1.5 มิลลิลิตร

ละลายอาหาร malt และ agar ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 3.5 ด้วยกรดแลคติก

6. MRS agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

MRS	52.2 กรัม
Agar	15 กรัม
$CaCO_3$	5 กรัม
น้ำกลั่น	1000 กรัม

ละลายอาหาร MRS, agar และ $CaCO_3$ ด้วยน้ำกลั่นให้เข้ากันจากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

7. Simmons citrate agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Simmons citrate agar	22 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

ละลายอาหาร Simmons citrate agar ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และนำไปให้ความร้อนจนวุ้นละลาย

8. Xylose lysine deoxycholate agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

xylose lysine deoxycholate agar	55 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

ละลายอาหาร xylose lysine deoxycholate agar ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และนำไปให้ความร้อนจนวุ้นละลาย

9. Tryptic Soy Broth ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

tryptic soy broth	3 กรัม
น้ำกลั่น	100 มิลลิลิตร

ละลายอาหาร tryptic soy broth ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Nutrient broth ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

nutrient broth	0.8 กรัม
น้ำกลั่น	100 มิลลิลิตร

ละลายอาหาร nutrient broth ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินความชอบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์
แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง

วันที่.....

ลำดับที่.....

ตอนที่ 1 รายละเอียดของผู้ประเมิน

เพศ O ชาย O หญิง

กรุณาระบุช่วงอายุของท่าน

O ต่ำกว่า 20 ปี O 20-35 ปี O 36-50 ปี O สูงกว่า 50 ปี

รายได้ของท่านต่อเดือน O น้อยกว่า 5,000 บาท O 5,000 - 15,000 บาท

O 15,001 – 25,000 บาท O มากกว่า 25,000 บาท

อาชีพ O นักเรียน นักศึกษา O รับราชการ พนักงานของรัฐ

O บริษัทเอกชน O ทำงานส่วนตัว

O อื่น ๆ โปรดระบุ.....

คุณชอบรับประทานแหนมหรือไม่

O ไม่ชอบมาก O ไม่ชอบ O ไม่ค่อยชอบ O เฉยๆ

O ค่อนข้างชอบ O ชอบ O ชอบมาก

คุณชอบรับประทานหมูแดดเดียวหรือไม่

O ไม่ชอบมาก O ไม่ชอบ O ไม่ค่อยชอบ O เฉยๆ

O ค่อนข้างชอบ O ชอบ O ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

🍸 กรุณากลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก

🍸 ก่อนชิมตัวอย่างถัดไป กรุณาทานแครกเกอร์เล็กน้อย ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อย (ท่านสามารถบ้วนทิ้งลงในถ้วยสูงที่เตรียมไว้ให้)

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

คะแนน		ระดับความชอบ
7	=	ชอบมากที่สุด
6	=	ชอบมาก
5	=	ชอบ
4	=	เฉยๆ
3	=	ไม่ชอบ
2	=	ไม่ชอบมาก
1	=	ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะของผลิตภัณฑ์	คะแนนความชอบ		
สี			
ลักษณะปรากฏโดยรวม			
เนื้อสัมผัส (ความยากง่ายในการกัดและเคี้ยวเพื่อกลืน)			
กลิ่นและรสชาติ			
ความเปรี้ยว			
คุณภาพโดยรวม			

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

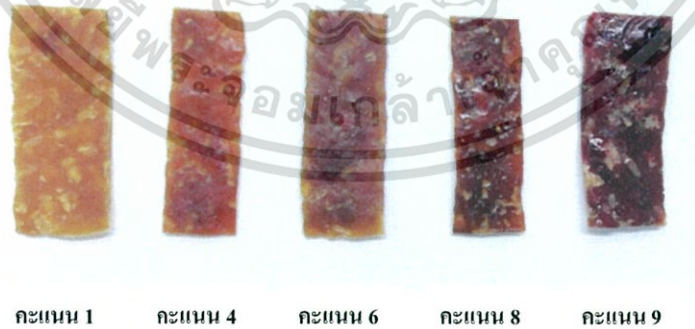
.....ขอบคุณที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า ☺

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

วิธีการประเมินและแบบประเมินผลิตภัณฑ์แหนม เนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้งแบบวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ

วิธีการประเมินกลิ่นแหนมได้แก่ ดมตัวอย่างด้วยลมหายใจลึกๆ 2 ครั้ง จากนั้นประเมินระดับความเข้มของกลิ่นแหนม (เปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน) จากนั้นพักโดยการดมกลิ่นกากกาแฟ 1 ครั้ง ก่อนจะดมตัวอย่างถัดไป โดยให้คะแนนระดับ 0 -10 ขีดเส้นตั้งฉาก หรือกากบาทแสดงระดับคะแนนความเข้มของลักษณะที่ประเมิน ลงบนเส้นตรงแนวนอน ซึ่งมีความยาว 10 เซนติเมตร ใส่รหัสเลขสามตัวของตัวอย่างที่ประเมินลงให้ตรงกับเส้นตั้งฉาก ลำดับที่สองประเมินคุณลักษณะด้านกลิ่นหืน โดยวิธีการประเมินเช่นเดียวกับการประเมินกลิ่นแหนม คุณลักษณะต่อมาได้ได้ความซีดหรือคล้ำโดยประเมินความเข้มของลักษณะปรากฏ (ความซีดหรือคล้ำ) ทีละตัวอย่างเปรียบเทียบกับภาพมาตรฐาน (ภาพที่ 1) โดยถือตัวอย่างและภาพมาตรฐานในลักษณะเอียง 45 องศา โดยให้ตัวอย่างอยู่เหนือพื้นหลังที่เป็นสีขาว ระหว่างภาพมาตรฐานที่มีระดับคะแนนต่างกัน บริเวณส่วนบน และดูห่างจากภาพประมาณ 1 นิ้ว คุณลักษณะต่อมาได้แก่ ความแข็งประเมินโดยการวางตัวอย่างระหว่างฟันหน้า แล้วกัดลงอย่างสม่ำเสมอ ประเมินแรงที่ใช้กัดตัวอย่างจนขาดจาก เตรียมตัวอย่างอ้างอิงโดยใช้ตัวอย่างที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Meilgaard *et al.* (1987) จากนั้นประเมินระดับความเข้มของรสเปรี้ยว ตามระดับคะแนนที่ได้ฝึกมาแล้ว จากนั้นรับประทานแคร็กเกอร์ และกลั้วปากด้วยน้ำดื่มเล็กน้อย ก่อนจะทดสอบตัวอย่างถัดไป



คะแนน 1 คะแนน 4 คะแนน 6 คะแนน 8 คะแนน 9

ภาพที่ 1 ภาพมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินคุณลักษณะด้านความซีดหรือคล้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรแก่ขึ้นรูปกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ชื่อ.....วันที่.....

ท่านจะได้รับตัวอย่างแหนมเนื้อสุกรแก่ขึ้นรูปกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะบรรจุในถ้วยที่ติดรหัสเลขสามตัวไว้ ให้ท่านประเมินกลิ่นแหนม กลิ่นหืน ความซีดหรือคล้ำ ความแข็ง ความเคี้ยวได้ และความเปรี้ยว โดยพิจารณาด้าน

กลิ่นแหนม

วิธีประเมิน : ดมตัวอย่างด้วยลมหายใจลึกๆ 2 ครั้ง จากนั้นประเมินระดับความเข้มของกลิ่นแหนม (เปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน) จากนั้นพักโดยการดมกลิ่นกากกาแฟ 1 ครั้ง ก่อนจะดมตัวอย่างถัดไป

กลิ่นหืน (oxidized odor)

วิธีประเมิน : ดมตัวอย่างด้วยลมหายใจลึกๆ 2 ครั้ง จากนั้นประเมินระดับความเข้มของกลิ่นหืน (เปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน) จากนั้นพักโดยการดมกลิ่นกากกาแฟ 1 ครั้ง ก่อนจะดมตัวอย่างถัดไป

ความซีดหรือคล้ำ (light or dark)

วิธีประเมิน : พิจารณาและประเมินความเข้มของลักษณะปรากฏ (ความซีดหรือคล้ำ) ทีละตัวอย่างเปรียบเทียบกับภาพมาตรฐาน โดยถือตัวอย่างและภาพมาตรฐานในลักษณะเอียง 45 องศา โดยให้ตัวอย่างอยู่เหนือพื้นหลังที่เป็นสีขาว ระหว่างภาพมาตรฐานที่มีระดับคะแนนต่างกัน บริเวณส่วนบน และดูห่างจากภาพประมาณ 1 นิ้ว

ความแข็ง (hardness) หมายถึง แรงที่ใช้กัดตัวอย่างด้วยฟันหน้าจนขาดจากกัน

วิธีประเมิน : วางตัวอย่างระหว่างฟันหน้า แล้วกัดลงอย่างสม่ำเสมอ ประเมินแรงที่ใช้กัดตัวอย่างจนขาดจากกัน

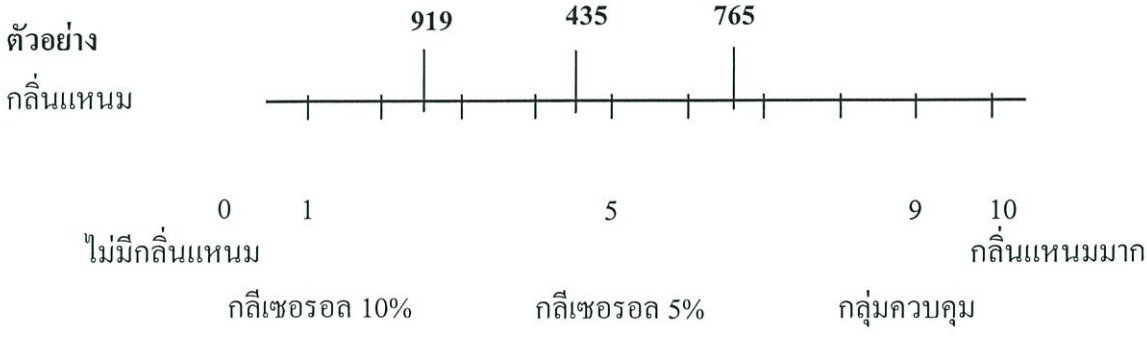
ความเคี้ยวได้ หมายถึง จำนวนครั้งที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกรามจนสามารถกลืนได้

วิธีการประเมิน : วางตัวอย่างระหว่างฟันกราม แล้วเคี้ยวอย่างสม่ำเสมอ ประเมินจำนวนครั้งที่เคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกรามจนสามารถกลืนได้

ความเปรี้ยว (sourness)

วิธีประเมิน : ชิมตัวอย่างทีละตัวอย่าง จากนั้นประเมินระดับความเข้มของรสเปรี้ยว (เปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน) จากนั้นรับประทานแคร็กเกอร์และกลั้วปากด้วยน้ำดื่มเล็กน้อย ก่อนจะทดสอบตัวอย่างถัดไป

การให้คะแนน : ขีดเส้นตั้งฉาก หรือกากบาทแสดงระดับคะแนนความเข้มของลักษณะที่ประเมิน ลงบนเส้นตรงแนวนอน ซึ่งมีความยาว 10 ซม. ใส่รหัสเลขสามตัวของตัวอย่างที่ประเมินลงให้ตรงกับเส้นตั้งฉาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประเมิน

กลิ่นแหนม

0 1 5 9 10

ไม่มีเลย กลีเซอรอล 10% กลีเซอรอล 5% กลุ่มควบคุม กลิ่นแหนมมาก

กลิ่นหืน

0 1 4 7 10

ไม่มีกลิ่นหืน

มีกลิ่นแหนม มีกลิ่นกระเทียม พบกลิ่นอับเล็กน้อย

ไม่มีกลิ่นแหนม ไม่มีกลิ่นกระเทียม พบกลิ่นเค็มคล้าย ปลาหมึกแห้ง

ไม่มีกลิ่นแหนม ไม่มีกลิ่นรสเปรี้ยว พบกลิ่นอับหืน

ไม่มีกลิ่นแหนม มีกลิ่นหืนรุนแรง พบกลิ่นน้ำมันเก่า

ความชืดหรือคล้ำ

0 1 4 7 9 10

ชืดมาก คล้ำมาก

ความแข็ง

0 1 2.5 3.5 6 7 9 10

นุ่มมาก แข็งมาก

ชีส มะกอก ไส้กรอก ถั่วลิสง อัลมอนด์ ลูกอม

ความเคี้ยวได้

1 2 3 4 5 6 7

น้อย (10 ครั้ง) 16 25 32 45 55 มาก (70 ครั้ง)

ความเปรี้ยว

0 1 5 9 10

ไม่เปรี้ยวเลย กลีเซอรอล 10% กลีเซอรอล 5% กลุ่มควบคุม เปรี้ยวมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวธนาภา เชตวัน
วัน เดือน ปีเกิด	30 พฤศจิกายน 2534
ที่อยู่	118/200 ซอยช่างอากาศอุทิศ 15 แขวงดอนเมือง เขตดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10210
ประวัติการศึกษา	2553 โรงเรียนสามชุกรัตนโภคาราม 2556 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	Chetawan, T., Pilasombut, K. and Sorapukdee, S. 2015. "Microbiological Safety of Ready-to-Eat Semi-Dried Nham, an Innovation of Thai Fermented Meat Product." 337-340. *In* Proceeding of 2nd International Symposium on Agricultural Technology (ISAT2015). Chonburi : Thailand.
ทุนวิจัยที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้