ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพเจอร์กี้เนื้อโคขุน

EFFECT OF GLYCEROL ON QUALITY OF BEEF JERKY

จิดาภา ธนศุภานุเวช

JIDAPA THANASUPANUVET

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2564

KMITL-2021-AG-M-031-338

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF GLYCEROL ON QUALITY OF BEEF JERKY

JIDAPA THANASUPANUVET

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

2021

KMITL-2021-AG-M-031-338

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2021

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพเจอร์กี้เนื้อโคขุน
นักศึกษา	นางสาวจิดาภา ธนศุภานุเวช
รหัสประจำตัว	62604033
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. คมแข พิลาสมบัติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร. ปิยะดา ทวิชศรี

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพเจอร์กี้เนื้อโคขุน โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน โดยเติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร อบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้ตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนที่มีคุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ และมีสภาวะการผลิตที่เหมาะสม คือ เจอร์กี้ที่มีการเติมกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ขนาดความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร และอบแห้งเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยส่งผลดีต่อผลิตภัณฑ์ในด้านการเพิ่มร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้งเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล ($P<0.05$) โดยมีผลผลิตร้อยละ 60.04 แม้จะมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอล ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร ซึ่งมีผลผลิตร้อยละ 62.11 แต่ผลการศึกษาในลักษณะอื่น ๆ พบว่ามีค่าแรงเฉือนลดลงต่ำกว่าทุกกลุ่มการทดลอง ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 57.45 นิวตัน ซึ่งหมายถึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้มีค่า a_w และปริมาณความชื้นต่ำกว่าทุกกลุ่มการทดลอง ($P<0.05$) โดยมีค่า a_w เท่ากับ 0.70 และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 20.16 ซึ่งอยู่ในระดับที่มาตรฐานกำหนด

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้กลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 0 (กลุ่มควบคุม) และ 10 ที่ขนาดความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบปิดผนึกด้วยความร้อน ภายในมีซองวัตถุดูดซับออกซิเจน เป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้งเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) โดยมีร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 58.39 นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉือนต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 1, 2 และ 3 เดือน โดยมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 58.52, 55.23, 53.91 และ 52.06 นิวตัน ตามลำดับ และมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($P<0.05$) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มมากขึ้น อีกทั้งการเก็บรักษาที่นานขึ้นยังส่งผลให้ค่าองศาของสีลดลง ($P<0.05$) แต่ค่าสีในลักษณะอื่น ๆ นั้นไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 สามารถลดค่า a_w และปริมาณความชื้นได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 1, 2 และ 3 เดือน โดยมีค่า a_w เท่ากับ 0.71, 0.73, 0.74 และ 0.78 ตามลำดับ และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 21.70, 24.50, 26.54 และ 28.05 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) และระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลให้ค่าการออกซิเดชันของไขมันลดลงมากจากเดือนแรก ($P<0.05$) สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ทุกกลุ่มการทดลองเมื่อเก็บรักษานานขึ้น มีจำนวนจุลินทรีย์รวมเพิ่มขึ้น และมีจำนวนคงที่ในช่วงเดือนที่ 2 และ 3 ของการเก็บรักษา ส่วนจุลินทรีย์ก่อโรคมีจำนวนต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) ในทุกกลุ่มการทดลอง ทั้งนี้ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ปริมาณความชื้น และจำนวนจุลินทรีย์รวมอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด โดยผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์รวมอยู่ในช่วง 2.78 - 2.97 log cfu/g แสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ในการนำไปบริโภค ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ที่มีความหนาของชิ้นเนื้อก่อนอบ 0.75 เซนติเมตร ส่งผลให้เนื้อเจอร์กี้มีคุณภาพ สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effect of glycerol on quality of beef jerky
Student	Miss Jidapa thanasupanuvet
Student ID.	62604033
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2021
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Komkhae Pilasombut
Thesis Co-advisor	Asst. Prof. Dr. Piyada Tavitchasri

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the effect of glycerol on the quality of beef jerky. The studies consisted of two experiments. The first experiment was the effects of glycerol, jerky thickness, and the optimum drying time for the physiochemical quality of beef jerky. The glycerol concentrations were applied at 0 and 10%, while piece thickness was at 0.75 and 1 cm with drying time at 2, 3, and 4 hr in a hot air oven at 80°C. The results demonstrated that the best physiochemical quality and product conditions was beef jerky treated with 10% glycerol, 0.75 cm thickness, and dried for 2 hr. This condition increased the percentage of drying yield compared to the group without glycerol added ($P<0.05$), with a yield of 60.04%, even though it presented lower value than that of glycerol added group with the thickness of 1 cm, and gave a yield of 62.11%, but other parameters revealed that the softer texture in term of shear force value was significantly lowest ($P<0.05$), with 57.45 N. Besides, the water activity values and moisture content were significantly low ($P<0.05$), with the water activity values of 0.70, and the moisture content of 20.16% without exceeding the standard level.

The second experiment regarding the effects of glycerol on the physical, chemical, and microbial qualities of beef jerky during storage were performed. The glycerol concentrations at 0 (control group) and 10% with 0.75 cm thickness were used and this beef jerky was stored for 0, 1, 2, and 3 months in heat-sealed packages containing oxygen absorber. The results demonstrated that beef jerky with 10% glycerol increased the percentage of drying yield ($P<0.05$), with a yield of 58.39%. Physical quality during storage implied that shear force values was lower than the control group and the value decreased over the longer storage time ($P<0.05$). When it was stored for 0, 1, 2, and 3 months, the shear force values were 58.52, 55.23, 53.91, and 52.06 N, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Therefore, the longer storage time caused the product softer. Also, longer storage resulted in lower color degree ($P<0.05$), but other characteristics of color values were not different ($P>0.05$). The result of chemical quality showed that the addition of glycerol coved could reduce the water activity values and moisture content over the storage period, compared to the control group ($P<0.05$). When they were stored for 0, 1, 2, and 3 months, the water activity values of 0.71, 0.73, 0.74, and 0.78, and the moisture content of 21.70, 24.50, 26.54, and 28.05%, respectively were obtained. The lipid oxidation decreased with an increased shelf life ($P<0.05$). Microbial quality study demonstrated that total number of microorganisms increased within 2 and 3 months of storage ($P<0.05$). Pathogenic microorganisms found were lower than detectable values (<1 log cfu/g) in all experimental groups. During product storage, water activity values, the moisture content, and the number of microorganisms were under the standard. Particularly, the total number of microorganisms in all experimental groups of jerky was 2.78 - 2.97 log cfu/g which demonstrated the safety of the product for consumption. Therefore, this study emphasized that use of 10% glycerol with pre-dried of 0.75 cm piece thickness in beef jerky resulted in the high quality that could be stored for 3 months.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. คมแข พิลาสมบัติ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร. ปิยะดา ทวิชศรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. จุฑารัตน์ เศรษฐกุล รศ.ดร. คำรณวิทย์ ทิพย์มณี และ รศ.ดร. สินีนาฏ พลโยราช ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่า และให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะอันเป็นประโยชน์ต่อความถูกต้อง และความสมบูรณ์ของเนื้อหาทางวิชาการในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณคุณสุภาพรรณ ศฤงฆาร คุณจันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง คุณน้ำฝน ใจสุทธิ์ คุณวงศธร ไผ่เทียนชัย พี่ เพื่อน และน้องนักศึกษาปริญญาโท น้องนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ทุกคน และบุคคลที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยเหลือในการทำวิจัย ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจที่ดีเสมอมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา และครอบครัวของข้าพเจ้า ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ทุกท่านที่สามารถนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ได้ต่อไป

จิดาภา ธนศุภานุเวช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง IX

สารบัญภาพ XI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ 2

1.3 สถานที่ดำเนินงาน 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2

1.5 ระยะเวลาการศึกษา 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 โคเนื้อในประเทศไทย 4

2.1.1 ความสำคัญของโคเนื้อ 4

2.1.2 ตลาดเนื้อโคไทย 5

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อโค 6

2.1.4 ชิ้นส่วนและร้อยละที่ได้จากการตัดแต่งเนื้อโค 6

2.1.5 การใช้ประโยชน์จากเนื้อโคชิ้นส่วนรอง 9

2.2 ลักษณะทั่วไปของเนื้อเจอร์กี้ 10

2.3 ความสำคัญในกระบวนการผลิตเนื้อเจอร์กี้ 11

2.4 การผลิตเนื้อเจอร์กี้พร้อมรับประทานให้มีความปลอดภัย 12

2.4.1 การเตรียมตัวอย่าง 12

2.4.2 การหมัก 12

2.4.3 การควบคุมการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการผลิต 13

2.4.4 การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.5 การทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง 13
2.4.6 การให้ความร้อนภายหลังการทำให้แห้ง 13
2.4.7 การจัดการภายหลังขั้นตอนที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและการบรรจุ 14
2.5 การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ 14
2.5.1 กลีเซอรอล 14
2.5.2 การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ 16
2.6 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 18
2.6.1 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 19
2.6.2 การเกิดกลิ่นหืนในอาหาร 23
2.6.3 ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 24
2.7 กระบวนการทำให้แห้ง 26
2.7.1 กลไกการอบแห้ง 26
2.7.2 การทำให้แห้งด้วยลมร้อน 28
2.8 มาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ 29

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 30
3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี 30
3.2 วัสดุ-อุปกรณ์ และเครื่องมือ 30
3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย 34
3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านเคมี-กายภาพ ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน 34
3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพ ด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ในระหว่างการเก็บรักษา 36
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 40

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 ศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน 41
4.1.1 คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ 41
4.2 ศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา 53
4.2.1 คุณภาพทางด้านกายภาพ 53
4.2.2 คุณภาพทางด้านเคมี 58
4.2.3 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ 61

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 64
5.1 สรุปผลการวิจัย 64
5.2 ข้อเสนอแนะ 65

บรรณานุกรม 66
ภาคผนวก 78
ภาคผนวก ก 79
ภาคผนวก ข 81
ภาคผนวก ค 83
ภาคผนวก ง 84
ภาคผนวก จ 85
ภาคผนวก ฉ 86
ประวัติผู้วิจัย 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ชิ้นส่วนเนื้อโคขุนลูกผสมพันธุ์ชาร์โรเล่ส์ที่ได้จากการตัดแต่ง 8
2.2 ชิ้นส่วนเนื้อโคขุนลูกผสมพันธุ์บราห์มันที่ได้จากการตัดแต่ง 8
2.3 ชิ้นส่วนเนื้อโคนมเพศผู้ขุนที่ได้จากการตัดแต่ง 9
2.4 คุณสมบัติโดยทั่วไปของกลีเซอรอล 16
3.1 แผนการทดลอง 31
4.1 ค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำให้แห้ง (drying yield, %) ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ 42
4.2 ค่าแรงเฉือน (shear force, N) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ 43
4.3 ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ 46
4.4 ค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ 49
4.5 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, a_w) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ 51
4.6 ปริมาณความชื้น (moisture, %) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ 52
4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำให้แห้ง (drying yield, %) ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล 54
4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (shear force, N) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล 55
4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล 57
4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, a_w) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล 59
4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (moisture, %) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARS, mg MDA/kg sample) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล 61
4.13 การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อ Total plat count (log cfu/g) ในระหว่างการเก็บรักษา ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล 62

ตารางผนวกที่

ง 1 ปริมาณความชื้น (moisture, %) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ 84
ง 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (moisture, %) ในระหว่างการเก็บรักษา ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล 84
จ 1 ค่าแรงเฉือน (shear force, kgf) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ 85
จ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (shear force, kgf) ในระหว่างการเก็บรักษา ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างทางเคมี และแบบจำลอง 3 มิติของกลีเซอรอล 15

ภาพผนวกที่

ก 1 กราฟเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (แกน x)
กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร (แกน y) 80
ฉ 1 เนื้อโคขุนพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน × แองกัส
ชิ้นส่วนสะโพกพับนอก (bottom round) 86
ฉ 2 เนื้อที่ทำการตัดแต่งโดยเอาไขมันและพังผืดออก 86
ฉ 3 เนื้อที่ทำการสไลด์เป็นแผ่นด้วยเครื่องสไลด์ 87
ฉ 4 การเติมส่วนผสมและคลุกเคล้าให้เข้ากัน 87
ฉ 5 ลักษณะชิ้นเนื้อหลังการหมักของกลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล 88
ฉ 6 ลักษณะชิ้นเนื้อหลังการหมักของกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 88
ฉ 7 การอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้ตู้อบรมควัน 89
ฉ 8 ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่ได้หลังจากการอบแห้ง 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเนื้อโคได้รับความนิยมในการบริโภคมากขึ้น และมีการคาดการณ์ว่าจะมีปริมาณการผลิตโคที่ขยายตัวได้อย่างต่อเนื่อง (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560) ในอนาคตประเทศไทยจึงอาจมีการผลิตโคขุนเพิ่มมากขึ้น เพราะเกษตรกรมีความสนใจที่จะนำโคมาเลี้ยงขุนค่อนข้างมาก และเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มากขึ้น จึงมีการนำแม่โคนมคัดทิ้งหรือลูกโคนมเพศผู้มาขุนต่อ เพื่อเพิ่มปริมาณเนื้อโคในตลาด (กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. 2562) เมื่อปริมาณเนื้อโคในตลาดเพิ่มขึ้นอาจทำให้มีผลต่อการระบายชิ้นส่วนเนื้อโดยเฉพาะชิ้นส่วนรอง เช่น เนื้อสะโพก เนื้อพื้นท้อง เนื้อสีข้าง เนื้อบริเวณคอ ซึ่งในอนาคตความต้องการเนื้อโคชิ้นส่วนหลักนั้นไม่มีปัญหา แต่สำหรับเนื้อโคชิ้นส่วนรองควรได้มีการหาวิธีที่จะระบายเนื้อชิ้นส่วนนี้ให้ทันควบคู่กันไปด้วย ดังนั้นหากสามารถพัฒนาเนื้อชิ้นส่วนรองดังกล่าวเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าของเนื้อ อาจทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น และเป็นการใช้ประโยชน์จากชิ้นส่วนเนื้อให้สูญเสียน้อยที่สุด โดยการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำเนื้อโคชิ้นส่วนสะโพกพับนอกมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เจอร์กี้

เจอร์กี้เนื้อโค จัดเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน โดยผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งเป็นการแปรรูปเนื้อที่ถือเป็นการถนอมอาหารอย่างหนึ่งที่เหมาะกับบริบท และตรงกับความต้องการของผู้บริโภค (Choi *et al.* 2008) แต่ในประเทศไทยคุ้นชินกับการรับประทานเนื้อแดดเดียวที่ทำมาจากเนื้อสะโพกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในต่างประเทศมักนำเนื้อส่วนสะโพกไปแปรรูปเป็นแฮม แต่สำหรับในไทย ผลิตภัณฑ์แฮมได้รับความนิยมค่อนข้างน้อย จึงมักจะนำเนื้อสะโพกมาทำเนื้อแดดเดียว อีกทั้งในอุตสาหกรรมเนื้อหรือตลาดเนื้อโคในประเทศไทยนั้น เนื้อโคจากส่วนสะโพกจะมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบเป็นร้อยละของน้ำหนักซากทั้งตัว (ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์. 2564) ดังนั้นเนื้อที่มีปริมาณมากจึงเหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าอย่างเนื้อเจอร์กี้ เพื่อให้สามารถระบายชิ้นส่วนเนื้อออกได้มากขึ้น ทั้งนี้กระบวนการผลิตเนื้อเจอร์กี้มีหลายรูปแบบ โดยอาจทำมาจากเนื้อสไลด์จากเนื้อทั้งก้อน หรือทำจากเนื้อขึ้นรูปใหม่จากเนื้อบดที่อาจมีไขมันเป็นส่วนผสม โดยทั่วไปในต่างประเทศแถบตะวันตกมักทำเป็นเนื้อบดขึ้นรูป เพราะสามารถนำไปทำอาหารอย่างอื่นต่อได้ แต่จะเห็นได้ว่าในประเทศแถบเอเชียนิยมเจอร์กี้ที่ทำจากเนื้อสะโพกสไลด์เป็นแผ่น (Kim *et al.* 2014; Jang *et al.* 2015) ชี้ให้เห็นว่ายังมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ยังเป็นรูปแบบชิ้นเนื้อหรือเจอร์กี้ที่ไม่ได้ขึ้นรูปใหม่ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้ในรูปแบบของเนื้อเจอร์กี้ ซึ่งคล้ายกับเนื้อแดดเดียวในประเทศไทย อย่างไรก็ตามเนื้อแดดเดียวต้องผ่านการทำให้สุกก่อนรับประทาน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทอด จึงมักพบปัญหาคือ มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นานเนื่องจากมีกลิ่นหืนและขึ้นรา นอกจากนี้ยังมีเนื้อสัมผัสที่แห้ง เหนียว และทำให้มีร้อยละของผลผลิตที่ต่ำ ดังนั้นจึงได้มีการนำกลีเซอรอลเข้ามาใช้เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส ช่วยเพิ่มร้อยละของผลผลิต และการที่ผลิตภัณฑ์ได้ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยความร้อนจนเนื้อสุกแทนการทอดให้สุกในน้ำมัน จะช่วยลดโอกาสการเกิดกลิ่นหืน ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยเพิ่มมูลค่าของเนื้อโค เพื่อเป็นการลดการสูญเสียวัตถุดิบเนื้อสด และลดพื้นที่ในการเก็บเนื้อโคในห้องเย็นลงได้ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มช่องทางในการแปรรูปเนื้อโค เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และเป็นการส่งเสริมอาชีพให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโค

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพในด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน เพื่อพัฒนาและยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้จากชิ้นส่วนรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และสามารถเป็นอาหารทางเลือกอีกชนิดหนึ่งในการบริโภคได้

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน
2. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เจอร์กี้จากเนื้อโคขุน

1.3 สถานที่ดำเนินงาน

1. ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์เนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน
2. ศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ระยะเวลาการศึกษา

ใช้เวลาในการศึกษาทั้งสิ้น 2 ปี เริ่มทำการทดลองตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 เสร็จสิ้นการศึกษาเดือนมกราคม พ.ศ. 2564

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้ประโยชน์จากเนื้อชิ้นส่วนรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และตรงตามความต้องการของผู้บริโภค จนนำไปสู่การทำตลาดได้

2. สามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อเจอร์กี้ให้ดีขึ้นโดยการใช้กลีเซอรอล เพิ่มร้อยละของผลผลิตและลดการสูญเสียจากกระบวนการผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โคเนื้อในประเทศไทย

2.1.1 ความสำคัญของโคเนื้อ

โคเนื้อที่เลี้ยงในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์พื้นเมือง พันธุ์บราห์มัน (Brahman) พันธุ์ชาร์โรเล่ส์ (Charolais) พันธุ์ลิมูซิน (Limousin) พันธุ์ซิมเมนทอล (Simmental) พันธุ์กำแพงแสน พันธุ์ตาก พันธุ์กบินทร์บุรี และพันธุ์ฮินดูบราซิล (Indu Brazil) โดยมีระบบการเลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทยหลายระบบขึ้นอยู่กับเงินทุนและตลาดที่จะจำหน่าย ทั้งการเลี้ยงเชิงธุรกิจที่มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตพ่อแม่พันธุ์สำหรับจำหน่าย และผลิตลูกโคนำไปขุน รวมถึงการเลี้ยงโคขุนซึ่งเป็นการเลี้ยงโคเนื้อเพื่อให้ได้น้ำหนักส่งฆ่าและมีคุณภาพตามที่ตลาดต้องการ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. 2548) ซึ่งในปัจจุบันธุรกิจด้านอาหารได้เติบโตมากขึ้น ความต้องการของผู้บริโภคในการบริโภคเนื้อโคขุนจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (สำนักงานสภาเกษตรกรแห่งชาติ. 2561) ดังนั้นอุตสาหกรรมการผลิตโคเนื้อจึงยังถือเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอีกประเภทหนึ่งของประเทศไทย โดยเกี่ยวข้องตั้งแต่การผลิตในฟาร์มไปจนถึงตลาดเนื้อสด และผลิตภัณฑ์จากเนื้อ ซึ่งมีผู้เกี่ยวข้องหลายส่วนทั้งเกษตรกรรายย่อย เกษตรกรรายใหญ่ บริษัทเอกชน หน่วยงานของภาครัฐ ตลอดจนผู้บริโภค นอกจากนี้ยังมีอุตสาหกรรมต่อเนื่องและเกี่ยวข้องอีกมากมาย เช่น อุตสาหกรรมท่องเที่ยว ดังนั้นการผลิตโคเนื้อและการตลาดเนื้อโคจึงมีความสัมพันธ์ต่อกันมาก (ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. 2552)

ระบบการตลาดและการซื้อขายโคเนื้อในประเทศ ส่วนใหญ่จะผ่านพ่อค้าคนกลางที่จะรวบรวมโคจากกลุ่มเกษตรกร หรือเกษตรกรรายย่อยมาขายต่อที่ตลาดนัดปศุสัตว์ที่กระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีมากที่สุด รองลงมาคือภาคเหนือ ซึ่งการซื้อขายจะเป็นแบบเหมาตัว และส่วนหนึ่งจะเป็นระบบซื้อขายผ่านสหกรณ์ มีการซื้อขายโดยการชั่งน้ำหนักเกษตรกรไม่ถูกเอารัดเอาเปรียบเหมือนการซื้อขายผ่านพ่อค้าคนกลาง (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2561) จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงโคเนื้อยังคงเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้แก่ประชาชน ประกอบกับความต้องการบริโภคเนื้อโคในประเทศที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โคเนื้อจึงนับว่ามีความสำคัญในด้านการสร้างความมั่นคงทางอาหาร วัฒนธรรม และความหลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจให้กับประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในประเทศไทยมีการเลี้ยงโคนมหลายสายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เรดเดน (Red Danish) พันธุ์บราวน์สวิส (Brown Swiss) พันธุ์ฟรีเซี่ยน (Friesian) พันธุ์เรดชินดี้ (Red Sindi) พันธุ์ซาฮิวาล (Sahiwal) พันธุ์เจอร์ซี่ (Jersey) และพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน (Holstein Friesian) โดยโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน จะได้รับความนิยมสูงมากในประเทศไทย (ธำรงศักดิ์ พลบำรุง. 2535; สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. 2553) และได้มีการนำโคนมมาขุนเพื่อบริโภคเนื้อ ซึ่งโคนมขุนโดยส่วนใหญ่ได้จากแม่โคนมคัดทิ้งหรือลูกโคนมเพศผู้ ซึ่งแม่โคนมที่ถูกคัดทิ้งอาจเนื่องมาจากผ่านการรีดนมมานาน 3 - 5 ปี ทำให้ได้ผลผลิตน้ำนมไม่คุ้มต้นทุนค่าอาหาร เริ่มถูกคัดทิ้ง จำหน่ายแม่โคนมปลดระวางออกจากฟาร์มให้โรงเชือดในชุมชน พ่อค้ามักใช้วิธีประเมินราคาด้วยตา เหมาจ่ายให้เกษตรกรในราคาต่ำ ซึ่งปกติการเลี้ยงโคนมในช่วงรีดนมต้องควบคุมการเลี้ยงแม่โคไม่ให้อ้วนมาก เพราะการผสมพันธุ์จะติดลูกยาก ดังนั้นเมื่อถึงเวลาปลดระวางรูปร่างแม่โคนมจึงมีลักษณะค่อนข้างผอม พ่อค้ามักประเมินให้ราคาต่ำ (เพ็ญพิชญา เตียว. 2561) ในขณะที่โคนมเพศผู้เมื่อเกิดมาได้ไม่นานจะถูกนำเข้าโรงฆ่าสัตว์เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ส่วนใหญ่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ลูกชิ้น ไส้กรอก เนื้อแดดเดียว หรือขายเป็นเนื้อในตลาดล่าง ซึ่งมีราคาต่ำ หากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในประเทศสามารถเพิ่มคุณภาพของชิ้นส่วนเนื้อโคนมที่มีราคาต่ำมาใช้ประโยชน์และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าได้ จะสามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรเพิ่มขึ้น และช่วยลดการนำเข้าเนื้อโคจากต่างประเทศได้ (สุริยะ สะวานนท์. 2559)

2.1.2 ตลาดเนื้อโคไทย

เนื้อโคที่ผลิตได้ในประเทศไทยมีหลายประเภทและมีความแตกต่างกันในด้านคุณภาพขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาดหรือผู้บริโภค ซึ่งตลาดถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดรูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ พรรณิภา ศิวะพิรุฬเทพ. 2552) โดยตลาดเนื้อโคของไทยแบ่งตามลักษณะคุณภาพและสถานที่จัดวางจำหน่าย 3 ระดับ ได้แก่

1) ตลาดเนื้อโคระดับล่าง หรือ ตลาดสด (wet market) เกษตรกรผู้เลี้ยงโคจำหน่ายให้พ่อค้าท้องถิ่นเพื่อเข้าโรงฆ่าชำแหละ และส่งเขียงตลาดสดทั่วไป กลุ่มผู้บริโภคคือกลุ่มที่ต้องการซื้อเนื้อโคสดเป็นเนื้อแดง รวมถึงกลุ่มผู้ซื้อเนื้อโคสดเข้าโรงงานแปรรูป เช่น โรงงานทำลูกชิ้น

2) ตลาดเนื้อโคระดับกลาง หรือ ตลาดเนื้อโคแช่เย็นในห้างสรรพสินค้า (middle market หรือ supermarket) เกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนรับซื้อโคจากเกษตรกรไม่จำกัดสายพันธุ์นำไปขุนประมาณ 100 - 120 วัน หรือ 3 เดือน จึงส่งเข้าโรงฆ่า ซากอุ่นส่งจำหน่ายตลาด supermarket รับรองด้วยสัญลักษณ์ปศุสัตว์ OK กลุ่มผู้บริโภคคือกลุ่มที่ต้องการซื้อเนื้อโคสดชำแหละทั้งซากอุ่นและแช่เย็นที่มีตู้แช่จากตลาดสดขนาดใหญ่ เช่น องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร

3) ตลาดเนื้อโคระดับสูง กลุ่มผู้บริโภคคือกลุ่มที่ต้องการซื้อเนื้อโคที่เน้นคุณภาพซากและความนุ่มของเนื้อโคเป็นสำคัญ เพื่อนำไปทำอาหารประเภทสเต็ก ผู้บริโภคมีตั้งแต่คนไทยที่รู้จักวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบอาหารจากเนื้อแบบตะวันตก คนต่างชาติที่อยู่ในประเทศ โรงแรม ภัตตาคาร ร้านสเต๊ก รวมถึงห้างสรรพสินค้าชั้นนำ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ. 2560)

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อโค

เนื้อโคที่มีคุณภาพสูงจะมีราคาสูงกว่าเนื้อโคคุณภาพทั่วไป เน้นความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ เนื้อโคที่มีคุณภาพสูงขึ้นอยู่กับระบบการเลี้ยงดูและมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เนื้อโคมีคุณภาพสูง ดังนี้

1) สายพันธุ์โค โคเนื้อสายพันธุ์ตระกูลเมืองหนาว เช่น พันธุ์ชาร์โรเล่ส์ พันธุ์ลิมูซิน พันธุ์ซิมเมนทอล จะให้เนื้อที่มีคุณภาพสูงกว่าโคเนื้อสายพันธุ์ตระกูลเมืองร้อน เช่น โคพันธุ์พื้นเมือง พันธุ์บราห์มัน เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่า มีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อมากกว่า เนื้อมีความนุ่มมากกว่า ทำให้เป็นที่ต้องการของตลาดระดับสูง จึงมีราคาแพงกว่าเนื้อโคทั่วไป

2) อายุ โคที่มีอายุน้อยกว่า จะให้เนื้อโคที่มีความนุ่มมากกว่าโคที่มีอายุมาก ราคาเนื้อโคที่มาจากโคอายุน้อยจะสูงกว่าเนื้อโคที่มาจากโคที่มีอายุมาก เนื่องจากโคที่มีอายุมากมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดที่แข็งแรง ยากต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในเนื้อ โดยทั่วไปแล้วโคขุนคุณภาพควรมีอายุไม่เกิน 3 ปี

3) อาหารที่ใช้เลี้ยงโค โคที่เลี้ยงขุนด้วยอาหารข้นจะมีอัตราการเจริญเติบโตได้เร็วกว่า ทำให้เนื้อมีความนุ่มมากกว่าโคที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว

4) ชิ้นส่วนของเนื้อ เนื้อโคแต่ละชิ้นส่วนจะมีความนุ่ม ความเหนียวแตกต่างกัน ชิ้นส่วนของเนื้อโคที่มีความนุ่มมาก ได้แก่ เนื้อสันใน (filet หรือ tenderloin) เนื้อสันนอก (loin) เนื้อ t-bone ชิ้นส่วนของเนื้อโคที่มีความนุ่มปานกลาง ได้แก่ เนื้อสะโพก (round) เนื้อสันไหล่ (chuck) ชิ้นส่วนของเนื้อโคที่มีความนุ่มน้อย ได้แก่ เนื้อน่อง (shank) เนื้อพื้นท้อง (flank) เนื้อเสือร้องไห้ (brisket) เป็นต้น (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ พรรณิภา ศิวะพิรุฬเทพ. 2552; จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ. 2560)

ทั้งนี้ในด้านการผลิตโคของไทย นับว่ามีความหลากหลายในการผลิตอาหารสัตว์เพื่อใช้ในการเลี้ยงขุน ซึ่งจะทำให้เนื้อโคที่ผลิตได้มีคุณภาพดี ไทยจึงเป็นประเทศที่มีศักยภาพในอุตสาหกรรมเนื้อโคมากที่สุดในภูมิภาคอาเซียน (ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์. 2557)

2.1.4 ชิ้นส่วนและร้อยละที่ได้จากการตัดแต่งเนื้อโค

การตัดแต่งซากเป็นการแบ่งส่วนต่าง ๆ ของซากให้เป็นชิ้นส่วนใหญ่หรือชิ้นส่วนย่อย เพื่อให้สะดวกในการนำไปประกอบอาหารหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ตามความเหมาะสม อีกทั้งสะดวกในการบรรจุ การเก็บรักษา การขนส่ง และเพื่อจำแนกเนื้อที่มีคุณภาพแตกต่างกันออกจากกัน โดยเนื้อที่มีคุณภาพดีควรจะขายได้ในราคาที่สูงกว่าเนื้อส่วนที่มีคุณภาพรองลงไป (สมพร ดวนใหญ่ และคณะ. 2556) ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งเนื้อโคประกอบไปด้วยชิ้นส่วนหลักและชิ้นส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอง โดยเนื้อชิ้นส่วนที่มีมูลค่ารองที่มักพบปัญหาคือ เนื้อสะโพก (round) เนื่องจากเนื้อสะโพกมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักซากทั้งตัว (ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์. 2564) ปัญหาชิ้นส่วนรองที่มีปริมาณมากเกินความต้องการ ทำให้กลายเป็นข้อจำกัดในการขยายการผลิตเนื้อโค โดยชิ้นส่วนรองที่ได้จากการตัดแต่งและมีปริมาณมากนั้น ในต่างประเทศมักนำไปทำเนื้อบดเพื่อใช้ทำแฮมเบอร์เกอร์ หรือไส้กรอก ส่วนในประเทศไทยนิยมแปรรูปทำลูกชิ้นเป็นส่วนใหญ่ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. 2548) ทั้งนี้ในการตัดแต่งเนื้อโคธรรมชาตินั้น จะได้เนื้อส่วนรองร้อยละ 24.65 หรือ 1 ใน 4 ส่วนของเนื้อทั้งหมด ซึ่งถือว่ามีจำนวนค่อนข้างมาก (สมพร ดวนใหญ่ และคณะ. 2556)

นอกจากนี้มีงานวิจัยของ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ (2550) ที่ได้ศึกษาเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่งและคุณภาพเนื้อโคขุนภายใต้ระบบการผลิตของสหกรณ์โคเนื้อกำแพงแสน พบว่าชิ้นส่วนเนื้อโคขุนลูกผสมพันธุ์ชาร์โรเล่ส์ที่ได้จากการตัดแต่ง คิดเป็นร้อยละจากน้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย 143 - 155 กิโลกรัม มีเนื้อชิ้นส่วนสะโพกได้แก่ เนื้อพับนอกและเนื้อหมอน (bottom round + eye round) เนื้อพับใน (top round) และเนื้อลูกมะพร้าว (sirloin tip) ร้อยละ 8.78, 6.56 และ 4.02 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 เช่นเดียวกับการศึกษาของ ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์ (2547) ที่ทำการศึกษาคุณภาพซากและผลตอบแทนในการผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงจากโคลูกผสมเลือดบราห์มัน พบว่าชิ้นส่วนเนื้อโคขุนลูกผสมพันธุ์บราห์มันที่ได้จากการตัดแต่ง คิดเป็นร้อยละจากน้ำหนักซากเย็นซีกซ้ายเฉลี่ย 115.13 กิโลกรัม มีชิ้นส่วนเนื้อสะโพกร้อยละ 20.56 ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และข้อมูลจากโครงการประชาสัมพันธ์เผยแพร่การใช้ประโยชน์จากเนื้อของ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2560) โดยการจัดทำโปสเตอร์ชิ้นส่วนจากการตัดแต่งและการใช้ประโยชน์จากโคนมเพศผู้ขุนจากงานวิจัย พบว่าชิ้นส่วนเนื้อโคนมเพศผู้ขุนที่ได้จากการตัดแต่ง คิดเป็นร้อยละจากน้ำหนักซาก 300 กิโลกรัม มีชิ้นส่วนเนื้อสะโพกร้อยละ 11.00 ดังแสดงในตารางที่ 2.3

จะเห็นได้ว่าเนื้อส่วนสะโพก (round) มีปริมาณมากกว่าเนื้อชิ้นส่วนอื่น ๆ ดังนั้นจึงควรได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น โดยสามารถแบ่งการใช้ประโยชน์จากชิ้นส่วนตัดแต่งเนื้อโคได้ตามกลุ่มของเนื้อคุณภาพที่ผลิตขึ้นได้ในประเทศ ได้แก่ เนื้อโคขุนลูกผสมพันธุ์ชาร์โรเล่ส์เลือดสูง (charolais crossbred beef) เนื้อโคขุนลูกผสมบราห์มันเลือดสูง (brahman crossbred beef) และเนื้อโคพื้นเมือง และเนื้อโคลูกผสมพันธุ์บราห์มันกับพันธุ์พื้นเมืองเลือดสูง (grass-fed Thai-native beef) (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555) ซึ่งการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่า ช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากชิ้นส่วนรองได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ชิ้นส่วนเนื้อโคขุนลูกผสมพันธุ์ชาร์โรเล่ส์ที่ได้จากการตัดแต่ง

ชิ้นส่วนเนื้อ	น้ำหนัก (%)
เนื้อไหล่ (chuck)	6.43
เนื้อสันในเทียม, เนื้อรักบี้, เนื้อใบพาย (chuck tender, chuck arm, chuck eye)	1.07, 2.26, 1.83
เนื้อสันกลางติดกระดูก (rib set)	6.69
เนื้อเสือร้องไห้ (brisket)	5.99
เนื้อซี่โครง + เนื้อพื้นอก (short rib + plate)	5.14
เนื้อน่องหน้า (fore shank)	2.32
เนื้อสันสะโพก (sirloin)	5.01
เนื้อพับนอก + เนื้อหมอน (bottom round + eye round)	8.78
เนื้อพับใน (top round)	6.56
เนื้อลูกมะพร้าว (sirloin tip)	4.02
เนื้อสันนอกส่วนหลัง (t-bone)	7.64
เนื้อพื้นท้อง, เนื้อน่องหลัง (flank, hind shank)	5.42, 3.16

หมายเหตุ : คิดเป็นร้อยละจากน้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย 143 - 155 กิโลกรัม

ที่มา : ดัดแปลงจาก จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ (2550)

ตารางที่ 2.2 ชิ้นส่วนเนื้อโคขุนลูกผสมพันธุ์บราห์มันที่ได้จากการตัดแต่ง

ชิ้นส่วนเนื้อ	น้ำหนัก (%)
เนื้อไหล่ตอนบน (chuck)	4.46
เนื้อต้นขา + เนื้อขาหน้า (clod + shank)	9.95
เนื้อสันนอกส่วนอก (rib)	5.21
เนื้อสันนอก (loin)	4.07
เนื้อสันใน (filet)	1.62
เนื้อสะโพก (round)	20.56
เนื้อคอ (neck)	6.74
เนื้อโหนก (hump)	1.33
เนื้อเสือร้องไห้ + เนื้อพื้นอก (brisket + plate)	10.50
เนื้อพื้นท้อง, เนื้อขาหลัง (flank, hind shank)	6.86, 2.82

หมายเหตุ : คิดเป็นร้อยละจากน้ำหนักซากเย็นซีกซ้ายเฉลี่ย 115.13 กิโลกรัม

ที่มา : ดัดแปลงจาก ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์ (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ชิ้นส่วนเนื้อโคนมเพศผู้ขุนที่ได้จากการตัดแต่ง

ชิ้นส่วนเนื้อ	น้ำหนัก (%)
เนื้อพื้นท้อง (flank)	1.50
เนื้อสะโพก (round)	11.00
เนื้อสันสะโพก (sirloin / rump)	8.00
เนื้อซี่โครง (short rib)	5.50
เนื้อเสือร้องไห้ (brisket)	6.00
เนื้อคอ (neck)	3.50
เนื้อสีข้าง / สามชั้น (plate)	3.00
เนื้อน่องหน้า, เนื้อน่องหลัง (fore shank, hind shank)	3.50, 2.50
เนื้อสันไหล่ (chuck shoulder)	8.50
เนื้อสันนอกส่วนหน้า (rib set)	6.00
เนื้อสันนอกส่วนหลัง (loin / t-bone)	7.50

หมายเหตุ : คิดเป็นร้อยละจากน้ำหนักซาก 300 กิโลกรัม

ที่มา : ดัดแปลงจาก จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2560)

2.1.5 การใช้ประโยชน์จากเนื้อโคชิ้นส่วนรอง

เนื้อโคเป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนและพลังงาน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกายได้เกือบหมด เนื้อสัตว์มีโปรตีนอยู่สูงถึงร้อยละ 20 มีกรดอะมิโนจำเป็น เช่น lysine และ taurine ในปริมาณที่สูง เมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนที่ได้จากอาหารอื่น และมีแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย คือ ธาตุเหล็ก สังกะสี และซีลิเนียม นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยวิตามิน B1, B6, B12, A, D, E, K และ C (พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. 2552) เนื้อโคใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ได้แก่ ลูกชิ้น ส่วนผลิตภัณฑ์แปรรูปชนิดอื่น ๆ เช่น ไส้กรอกชนิดต่าง ๆ และเนื้อกระป๋อง (can beef) เป็นต้น ซึ่งการแปรรูปเนื้อโคเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าจัดว่ายังมีน้อย (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554)

ชิ้นส่วนจากเนื้อโคแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชิ้นส่วนหลัก เช่น สันใน (tender loin) สันนอก (strip loin) สันกลาง (rib eye) สันสะโพก (sirloin) สันไหล่ (chuck) เป็นต้น และชิ้นส่วนรอง เช่น รักบี้ (chuck arm) พับนอก (bottom round) พับใน (top round) ลูกมะพร้าว (sirloin tip) เป็นต้น (สหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ. 2556) โดยเนื้อประเภทชิ้นส่วนรอง เช่น เนื้อจากส่วนสะโพก (round) หากมาจากโคขุนที่เลี้ยงมาอย่างดีจะมีไขมันแทรก โดยเฉพาะในเนื้อพับในและเนื้อลูกมะพร้าว ซึ่งเป็นเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อละเอียด (fine texture) สามารถนำไปทำสเต็กได้ เช่น top-round steak

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ sirloin-tip steak สำหรับเนื้อพับนอกนั้นเป็นส่วนที่มีความเหนียวโดยธรรมชาติอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามเนื้อส่วนนี้ถือเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับอาหารเพื่อสุขภาพ เพราะเป็นส่วนที่มีไขมันน้อยมาก เนื้อจากส่วนสะโพกนี้ถ้านำไปทำอาหารแบบตะวันตกนิยมอบทั้งก้อน แต่เนื่องจากคนไทยหรือคนเอเชียไม่นิยม ดังนั้นเนื้อจากส่วนนี้จึงนิยมนำมาหั่นเป็นเนื้อชิ้นเล็กหลากหลายขนาดในการประกอบอาหาร ทำได้ตั้งแต่การผัด เนื้อหมักซอส เนื้อย่าง หรือชาบู (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555)

นอกจากนี้เนื้อส่วนสะโพกยังนิยมนำมาทำเนื้อเจอร์กี้ที่เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมรับประทานของต่างประเทศอีกด้วย (Kim *et al*. 2014) ซึ่งเนื้อที่จัดว่าเป็นผลพลอยได้นอกจากจะเป็นเนื้อจากโคอายุมากหรือโคแก่ปลดระวางแล้ว ยังมีเนื้อจากชิ้นส่วนรองที่ไม่เหมาะนำไปทำสเต๊กย่าง หรืออบ ได้แก่ เนื้อพื้นท้อง เนื้อสีข้าง เนื้อบริเวณคอ และเนื้อสะโพก โดยเนื้อจากส่วนสะโพกจะมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบเป็นร้อยละของน้ำหนักซากทั้งตัว (ร้อยละ 15 - 16) เป็นชิ้นส่วนที่ควรได้มีการแนะนำให้ผู้บริโภคได้นำไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น เช่น เนื้อพับนอก เนื้อพับใน เนื้อลูกมะพร้าว เนื้อหางจระเข้ และเนื้อหมอน นำไปแปรรูปเป็นเนื้อทุบ เนื้อแผ่น เนื้อเค็ม เนื้อแดดเดียว เป็นต้น ซึ่งการใช้เนื้อที่มีมูลค่าต่ำหรือเนื้อจากชิ้นส่วนที่มีความสำคัญรองลงมานอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของเนื้อให้สูงขึ้นแล้ว ยังตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อีกด้วย (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ พรรณิภา ศิวะพิรุฬเทพ. 2552)

2.2 ลักษณะทั่วไปของเนื้อเจอร์กี้

จากประวัติศาสตร์ของมนุษย์ที่ผ่านมาได้มีการเก็บรักษาเนื้อโดยการอบแห้ง ซึ่งหนึ่งในการเก็บรักษาเนื้อด้วยการอบแห้งที่เก่าแก่ที่สุดคือ เจอร์กี้ (jerky) มาจากคำว่า quechua ซึ่งมีความหมายว่า เนื้อแห้งหรือเนื้อแดดเดียว ในสมัยก่อนการล่าสัตว์ในแต่ละครั้งจะมีการล่าสัตว์ใหญ่เป็นจำนวนมากซึ่งไม่สามารถรับประทานหมดในครั้งเดียว จึงทำให้มีการอบเนื้อสัตว์เกิดขึ้น ในอียิปต์จะเป็นที่รู้จักกันดีเพราะมีการนำเนื้อแห้งที่ผ่านการตากแดดหนึ่งครั้งไปรมควันไฟเพื่อป้องกันแมลงต่าง ๆ มาตอมอาหาร (Miriam. 2007) การแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อหรือการถนอมอาหารจากเนื้อสัตว์ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ปลอดภัยสำหรับการรับประทาน ลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มความหลากหลายของรสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสหรือรูปแบบของการบริโภค อีกทั้งยังมีความสะดวกในการรับประทาน (รุจริน ลิ้มศุภวานิช และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552) การทำเจอร์กี้เป็นกระบวนการถนอมอาหารที่ทำได้ง่าย ไม่ต้องแช่เย็น มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถทำมาจากเนื้อสัตว์ได้เกือบทุกชนิด (Predika. 1983)

เนื้อเจอร์กี้ คือ ผลิตภัณฑ์เนื้อพร้อมรับประทานที่ผ่านการกำจัดน้ำออกบางส่วนจากผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการทำให้แห้ง และบรรจุภัณฑ์พร้อมรับประทาน จัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห้ง (intermediate moisture meat, IMM) (Choi *et al.* 2008) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคและรู้จักกันอย่างแพร่หลายทั่วโลกในรูปแบบของอาหารทานเล่นจากเนื้อสัตว์ที่ผ่านกระบวนการทำให้แห้ง (dried or semi-dried meat snacks) (รุจริน ลิ้มศุภวานิช และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552) มีส่วนแบ่งทางการตลาดค่อนข้างสูงโดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นอาหารว่างที่ให้โปรตีนสูงและมีไขมันต่ำ สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานและสะดวก หาซื้อได้ทั่วไปตามร้านสะดวกซื้อโดยไม่ต้องแช่เย็น อีกทั้งยังสามารถพกพาได้ง่าย รับประทานได้ทุกที่ เหมาะกับนักท่องเที่ยว นักปีนเขา นักกีฬา เป็นต้น (Konieczny *et al.* 2007; Choi *et al.* 2008; Wongwiwat and Wattanachant. 2015; Sorapukdee *et al.* 2016; Kim and Kim. 2017)

กระบวนการผลิตเนื้อเจอร์กี้มีหลายรูปแบบหลายรสชาติ ขึ้นอยู่กับความชอบของผู้บริโภคแต่ละประเทศ ผลิตภัณฑ์เนื้อเจอร์กี้อาจทำมาจากเนื้อสไลด์จากเนื้อทั้งก้อน (whole muscle) หรือทำมาจากเนื้อขึ้นรูปใหม่จากเนื้อบดที่อาจมีไขมันเป็นส่วนผสม การปรุงรสเนื้อเจอร์กี้อาจใช้เครื่องเทศหรือส่วนผสมที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละพื้นที่ ในประเทศแถบเอเชีย เช่น ไทย มักใช้น้ำตาลเป็นส่วนผสมเพื่อให้เกิดรสหวานคล้ายกับรูปแบบของประเทศจีน (Kim *et al.* 2014; Jang *et al.* 2015; Wongwiwat and Wattanachant. 2015) ส่วนในประเทศตะวันตกจะนำเนื้อสัตว์มาหมักกับเครื่องปรุงรสที่มีความเค็ม ความเปรี้ยว หรือความหวาน เพื่อเพิ่มรสชาติและเป็นการถนอมอาหาร จากนั้นนำมาผ่านกรรมวิธีลดความชื้น เพื่อช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ จนได้เนื้อเจอร์กี้ที่มีความปลอดภัยสำหรับการรับประทาน และมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น (รุจริน ลิ้มศุภวานิช และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552)

2.3 ความสำคัญในกระบวนการผลิตเนื้อเจอร์กี้

ในการผลิตเนื้อเจอร์กี้พร้อมรับประทานที่ควรคำนึงถึงและเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญ คือ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, a_w) และการลดความชื้น เพราะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษา และลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่จะส่งผลเสียต่อผู้บริโภค โดยเนื้อเจอร์กี้ที่ผลิตรูปแบบแตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นการขึ้นรูป การหมักผสม หรือแม้กระทั่งการทำให้แห้ง เช่น การใช้เนื้อมาบดผสมไขมันขึ้นรูปตามลักษณะที่ต้องการ มีข้อดีคือทำให้ลักษณะสัมผัสของเนื้อมีความนุ่ม เพราะยังคงมีค่า a_w และค่าความชื้นอยู่ในเนื้อ แต่มีข้อเสียคือทำให้มีอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สั้นลง หรือการผลิตเนื้อเจอร์กี้แบบใช้เนื้อทั้งแผ่นหั่นเป็นชิ้น ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นชิ้นส่วนเนื้อที่เป็นเนื้อแดง มีข้อดีคือสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน แต่มีข้อเสียคือลักษณะเนื้อสัมผัสจะแห้งและเหนียว โดยวัตถุดิบและขั้นตอนการทำเนื้อเจอร์กี้สามารถทำได้ด้วยตนเองในครัวเรือน ไม่ยุ่งยากและใช้เวลาในการผลิตไม่นาน (Yang *et al.* 2002 อ้างโดย คมแข พิลาสมบัติ และคณะ. 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากกระบวนการผลิตเนื้อเจอร์กี้มีการปรุงรสเพื่อให้เกิดความหลากหลายของรสชาติ จึงมีการนำเนื้อมาหมักกับส่วนผสมต่าง ๆ โดยส่วนประกอบสำคัญที่จะช่วยในการเพิ่มรสชาติให้แก่ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เกลือ และน้ำตาล เป็นต้น ซึ่งบทบาทที่สำคัญของเกลือต่อผลิตภัณฑ์เจอร์กี้นั้น นอกจากจะช่วยให้กลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์แล้ว ยังมีผลในการช่วยถนอมอาหารได้ ระดับความเข้มข้นของเกลือที่เหมาะสมและมักจะใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ จะอยู่ที่ร้อยละ 2 - 3 แต่ทั้งนี้การที่จะใช้ในปริมาณเท่าไรนั้นยังขึ้นอยู่กับรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่จะสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้บริโภค การใช้เกลือในปริมาณที่น้อยเกินไปจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดการหดตัว (shrinkage) เพราะขาดความสามารถในการอุ้มน้ำ น้ำตาลสามารถใช้ได้ทั้งน้ำตาลทราย น้ำตาลมะพร้าว หรือสารให้ความหวานอื่น ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบอีกชนิดหนึ่งที่สำคัญ โดยการให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ช่วยลดความเค็มของรสชาติจากเกลือ ทำให้มีรสชาติที่กลมกล่อม นอกจากนี้น้ำตาลยังช่วยเพิ่มสีสันและรสชาติของผลิตภัณฑ์ ปริมาณเหมาะสมที่มักใช้คือประมาณร้อยละ 1 - 3 แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ด้วย (รุจริน ลิ้มศุภวานิช และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552)

นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอีกชนิดที่สำคัญมากคือ น้ำสะอาด เนื่องจากน้ำทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายและทำให้ส่วนผสมอื่น ๆ เกิดการผสมผสานและแทรกซึมเข้าสู่กล้ามเนื้อได้ดีขึ้น ทั้งนี้ปริมาณน้ำหนักของผลผลิต (yield) ที่ได้หลังจากการหมักและการทำให้สุกจึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ (รุจริน ลิ้มศุภวานิช และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552) อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการผลิตผลิตภัณฑ์ คือการใช้วัตถุดิบเนื้อสัตว์ที่สะอาด ใช้สารปรุงแต่งในระดับที่ปลอดภัยตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด รวมถึงกระบวนการผลิตที่ถูกสุขลักษณะด้วย

2.4 การผลิตเนื้อเจอร์กี้พร้อมรับประทานให้มีความปลอดภัย

หน่วยบริการตรวจสอบด้านความปลอดภัยของอาหาร กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา ได้แนะนำวิธีการผลิตเจอร์กี้เนื้อโคที่ปลอดภัยมีขั้นตอนดังนี้

2.4.1 การเตรียมตัวอย่าง

แหล่งที่มาของวัตถุดิบ การหั่นเนื้อ บดเนื้อ จะต้องทำภายใต้สุขลักษณะที่ดี (good manufacturing practice, GMP) เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่อาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ

2.4.2 การหมัก

ในการหมักส่วนผสมเครื่องปรุงที่จะใช้หมักส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุดิบจำพวก เกลือ น้ำตาล และเครื่องเทศ นอกจากนี้น้ำตาลยังช่วยเพิ่มสีสันและรสชาติที่น่ารับประทานแบบคาราเมล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลือบที่ผิวนอกของผลิตภัณฑ์ โดยปริมาณที่มักใช้ในน้ำเกลือปรุงรสคือประมาณร้อยละ 1 - 3 ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์

2.4.3 การควบคุมการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการผลิตกระบวนการความร้อนอาจไม่เพียงพอที่จะฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค อาจต้องเพิ่มขั้นตอนการผลิตเพื่อควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ในขั้นตอนการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่ การให้ความร้อนแก่เนื้อในระหว่างการหมัก (preheating meat in the marinade) โดยให้อุณหภูมิภายในเนื้อถึง 160 องศาฟาเรนไฮต์ (71 องศาเซลเซียส) เพื่อลดการเกิดเชื้อ *Salmonella* spp. และการจุ่มเนื้อในกรดอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 5 นาน 10 นาที เพื่อลดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในกรณีที่กระบวนการให้ความร้อนและการทำให้แห้งไม่มากพอ

2.4.4 การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

ขั้นตอนนี้สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคได้ ได้แก่ *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* และ *Staphylococcus aureus* วิธีการในขั้นตอนนี้ได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิความร้อนที่ทำให้สุก ระยะเวลาที่ทำให้สุก ค่า a_w และค่าความชื้น เป็นต้น

2.4.5 การทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง

ขั้นตอนนี้เป็นการกำจัดน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนนี้ต้องมีการควบคุมค่า a_w ให้มีค่าอยู่ในช่วง 0.85 หรือต่ำกว่า ซึ่งค่า a_w ในช่วงนี้สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคได้ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องและบรรจุแบบสภาวะที่มีออกซิเจน แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์มีค่า a_w สูงกว่า 0.85 หรือ มีค่ามากกว่า 0.91 ควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะสุญญากาศและเก็บไว้ในตู้เย็นภายหลังการเปิดถุงบรรจุ ดังนั้นจะต้องมีการตรวจสอบค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ภายหลังการทำให้แห้ง

2.4.6 การให้ความร้อนภายหลังการทำให้แห้ง

ขั้นตอนนี้เป็นการให้ความร้อนภายหลังกระบวนการทำให้แห้ง เพื่อลดระดับการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนความร้อน โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 275 องศาฟาเรนไฮต์ (135 องศาเซลเซียส) เป็นเวลานาน 10 นาที ภายหลังกระบวนการทำให้แห้ง จะสามารถลดการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. ได้ประมาณ 2 log cfu/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 การจัดการภายหลังขั้นตอนที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและการบรรจุ

ภายหลังขั้นตอนการทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและขั้นตอนการบรรจุมีการจัดการที่ดี โดยเฉพาะด้านความสะอาด เพื่อควบคุมและป้องกันการปนเปื้อนจากแบคทีเรียที่ก่อโรคก่อนเริ่มต้นกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในบรรจุภัณฑ์ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ พรรณิภา ศิวะพิรุฬเทพ. 2552; Harrison *et al*. 2001; USDA-FSIS. 2014)

2.5 การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้

ในการผลิตเนื้อเจอร์กี้ดังที่ได้กล่าวข้างต้น หัวใจสำคัญของการผลิตเนื้อเจอร์กี้คือการลดความชื้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น อย่างไรก็ตามมักพบปัญหาการสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้ง เหนียว กระด้าง และสีคล้ำ เนื่องจากโปรตีนเสียสภาพ ทำให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ ส่งผลทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับหรือไม่ชอบ ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขด้วยการปรับปรุงความนุ่มของเจอร์กี้เนื้อโค โดยการใช้สารฮิวเมกแตนท์ (humectant) ในการผลิต (Jang *et al*. 2015) ในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อเจอร์กี้จึงได้มีการนำสารฮิวเมกแตนท์มาใช้เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารแห้งเกินไป โดยสารดังกล่าวมีคุณสมบัติให้ความชุ่มชื้นกับผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง โดยการจับกับโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์ ช่วยควบคุมค่า a_w ส่งผลต่อการควบคุมจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยในการเพิ่มน้ำหนักผลผลิตและทำให้ผู้บริโภคพึงพอใจในผลิตภัณฑ์มากขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความนุ่มมากขึ้น (คมแข พิลาสมบัติ และคณะ. 2557; Jang *et al*. 2015)

สารฮิวเมกเตนท์มีหลายชนิด ได้แก่ กลีเซอรอล น้ำตาลซอร์บิทอล และน้ำตาลแมนิทอล เป็นต้น โดยสารฮิวเมกแตนท์มีความปลอดภัยในการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร (Stritrongtae *et al*. 2011) อย่างไรก็ตามการเลือกใช้สารฮิวเมกแตนท์ควรคำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ โดยจะต้องไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ รวมไปถึงการยอมรับของผู้บริโภค เช่น การเกิดรสขมในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกิดจากการใช้กลีเซอรอลในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 20 (Varnam. 1995)

2.5.1 กลีเซอรอล

การใช้กลีเซอรอลในด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 389 พ.ศ. 2561 เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร (ฉบับที่ 5) กล่าวว่า สารฮิวเมกแตนท์สำหรับใช้เป็นสารทำให้เกิดความชุ่มชื้นในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ตาม standard for luncheon meat (Codex stan 89-1981) และ cooked cured chopped meat (Codex stan 89-1981) ใช้ได้ในปริมาณไม่เกิน 1,320 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือร้อยละ 0.132 และในกรณีที่ใช้กลีเซอรอลเป็นสารเติมแต่งในอาหารเพื่อทำให้เกิดความชุ่มชื้นหรือสารให้ความข้นเหนียวในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้ได้ในปริมาณที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดที่วัตถุเจือปนนั้น ๆ สามารถแสดงหน้าที่ของตัวเองได้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2561; Mortensen *et al*. 2017)

กลีเซอรอล (glycerol) อาจเรียกว่า กลีเซอรีน (glycerine หรือ glycerin) มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิออล (polyol) เป็นสารที่เป็นของเหลว ใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสหวานเล็กน้อย ในโมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) 3 หมู่ สามารถละลายในน้ำได้ดีทำให้มีคุณสมบัติในการดูดจับน้ำได้ดี (hydroscopic) (Quispe *et al.* 2013) นอกจากนี้กลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบหลักในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งได้จากการรวมตัวของกลีเซอรอลกับกรดไขมัน (fatty acid) 3 โมเลกุล (Choi. 2008) กลีเซอรอลเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอน (C) 3 อะตอม สามารถละลายได้ทั้งในกลุ่มแอลกอฮอล์ (เช่น methyl, ethyl, isopropyl, n-butyl, isobutyl, secondary butyl และ tertiary amyl) เอทิลีนไกลคอล (ethylene glycol), โพรไพลีนไกลคอล (propylene glycol) และ ฟีนอล (phenol) (Chung *et al.* 2007) กลีเซอรอลมีสูตรโครงสร้างทางเคมี คือ 1,2,3-propanetriol, $CH_2OHCHOHCH_2OH$ หรือ $C_3H_8O_3$ (Rahmat *et al*. 2010) โครงสร้างทางเคมีของกลีเซอรอล (Jangerman. 1991) ดังแสดงในภาพที่ 2.1

(ก) (ข)

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมี (ก) และแบบจำลอง 3 มิติของกลีเซอรอล (ข)
ที่มา : Jangerman (1991)

กลีเซอรอลเป็นของเหลวใสคล้ายน้ำมัน มีน้ำหนักโมเลกุล 92.09 g/mol^{-1} ทางอุตสาหกรรมใช้เป็นตัวถ่ายเทความร้อน ใช้วัดจุดเดือด (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2558) มีความหนืดมากที่อุณหภูมิปกติและที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 สารละลายกลีเซอรอลที่มีความเข้มข้นมากสามารถเย็นเป็นของเหลวที่มีความหนืดได้ง่าย และตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำ กลีเซอรอลมีความดันไอต่ำ ซึ่งเป็นผลทำให้มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำที่อุณหภูมิระหว่าง 0 - 70 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมีผลเพียงเล็กน้อยต่อความดันไอ กลีเซอรอลทำให้ความดันไอของน้ำลดลงเกิดการหดตัวของโมเลกุล ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการทำให้เกิดความชุ่มชื้น (Quispe *et al.* 2013) สำหรับคุณสมบัติทั่วไปของกลีเซอรอล (AOCS. 2000) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 นอกจากนี้ได้มีการใช้ประโยชน์จากกลีเซอรอลหลายด้าน ได้แก่ ด้านอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เช่น อาหารโค สุกร สัตว์ปีก และอาหารสัตว์อื่น ๆ ด้านเภสัชกรรม ด้านอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมถึงการใช้ประโยชน์ในด้านอาหารด้วยกระบวนการแปลงกลีเซอรอล เช่น ใช้น้ำร้อนอัดโดยตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ที่มีรูพรุนขนาดเล็กและรูพรุนขนาดกลาง รองรับถ่านกัมมันต์และซิลิกาได้มาก โดยกลีเซอรอลใช้เป็นสารให้ความหวานและสารเพิ่มความข้น และกลีเซอรอลยังสามารถใช้เป็นสารลดแรงตึงผิว สารหล่อลื่น วัตถุเจือปนอาหาร รวมถึงสารเติมแต่งในยาและอาหารเสริมต่าง ๆ (Rahmat *et al*. 2010)

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติโดยทั่วไปของกลีเซอรอล

คุณสมบัติ	ค่าที่วัดได้
น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight)	92.09 g/mol^{-1}
ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)	1.2636 g/cm^3
แรงดันไอ (vapor pressure)	0.0025 mm (50 °C)
จุดเดือดที่ความดันต่ำ (boiling point at low pressure)	166.1 °C - 198.0 °C
จุดหลอมเหลว (melting point)	18.17 °C
จุดเยือกแข็ง (freezing point)	-46.5 °C (66.7 % grycerine solution)
จุดวาบไฟ (flash point)	177 °C (99.0 % grycerine)
ความหนืด (viscosity)	1499 centipoises (20 °C)
ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ (heat of combustion)	397.0 kcal/mole
แรงตึงผิว (surface tension)	63.4 dyne cm (20 °C) - 51.9 dyne cm (150 °C)

ที่มา : ดัดแปลงจาก AOCS (2000)

2.5.2 การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

1) เป็นสารกักเก็บความชุ่มชื้น (humectant) สามารถใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารแห้ง และช่วยลดค่า a_w ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Yang *et al*. 2009) เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) (น้ำตาลซูโครสมีความหวานสัมพัทธ์เท่ากับ 100) แต่ให้ค่าดัชนีไกลซิมิก (glycemic index, GI) ที่ต่ำ และแบคทีเรียไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จึงไม่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และไม่ทำให้ฟันผุ เป็นสารที่ทำให้เกิดความข้นหนืด (thickening agent) ใน liqueur เป็น emulsifier และใช้เพื่อผลิต monoglyceride and diglyceride ซึ่งใช้เป็น emulsifier

2) เป็นไครโอโพรเทกแทนต์ (cryoprotectant) สารที่ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งโดยลดจุดเยือกแข็ง (freezing point) ให้มีค่าต่ำลง (คมแข พิลาสมบัติ และคณะ. 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง (2559) ได้ทำการศึกษาการใช้สารฮิวเมกแตนท์ต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อไก่ไข่ปลดระวาง โดยมี 5 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 15 กลุ่มที่เติมซอร์บิทอลร้อยละ 10 และกลุ่มที่เติมซอร์บิทอลร้อยละ 15 พบว่า กลีเซอรอลและซอร์บิทอลสามารถลดค่า a_w ได้ โดยการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 15 สามารถลดค่า a_w ได้จาก 0.85 เป็น 0.63 ซึ่งส่งผลดีที่สุดทั้งค่า a_w ความชื้น และร้อยละผลผลิต ผลเหล่านี้เนื่องมาจากการช่วยกักเก็บน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ของกลีเซอรอล ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sorapukdee *et al*. (2016) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการใช้สารฮิวเมกแตนท์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อไก่ โดยมีขนาดของชิ้นเนื้อกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 8 เซนติเมตร และหนา 0.5 เซนติเมตร ทำการวิเคราะห์ค่าความชื้นและค่า a_w พบว่า การเติมสารกลีเซอรอลและซอร์บิทอลร้อยละ 10 มีผลต่อการลดลงของค่า a_w ที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และในชั่วโมงการอบที่ 3 พบว่า การเติมสารกลีเซอรอลและซอร์บิทอลร้อยละ 15 ส่งผลให้ค่า a_w ลดลงได้มากที่สุด โดยเฉพาะการเติมกลีเซอรอลทำให้ค่า a_w ลดลงจาก 0.85 เป็น 0.63 แสดงให้เห็นว่าการเติมสารกลีเซอรอลและซอร์บิทอลสามารถช่วยลดค่า a_w ได้ ซึ่งส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ และทำให้สามารถลดการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้การศึกษาของ ธนาภา เชตวัน (2559) ได้ศึกษาการเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 5 และ 10 ต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง โดยมีขนาดของชิ้นเนื้อกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร และหนา 0.5 เซนติเมตร อบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี โดยมีค่าแรงเฉือนลดลง และเพิ่มร้อยละของผลผลิตจากร้อยละ 35.14 เป็น 40.77 รวมถึงมีคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และลักษณะโดยรวมสูงกว่ากลุ่มควบคุม ทั้งนี้ผลข้างต้นเนื่องมาจากคุณสมบัติของกลีเซอรอลที่ช่วยกักเก็บความชื้น ทำให้มีปริมาณน้ำมาก และปรับปรุงเนื้อสัมผัส นอกจากนี้ยังพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ในบรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศโดยภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจน ส่งผลให้ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (Thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) ต่ำกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ

อีกทั้ง Chen *et al*. (2000) ได้ทำการศึกษาและทดลองเปรียบเทียบการทำเจอร์กี้เนื้อสุกร โดยการเติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3, 6 และ 9 และซอร์บิทอลที่ปริมาณร้อยละ 3, 6 และ 9 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมสารฮิวเมกแตนท์ โดยมีความหนาของชิ้นเนื้อ 0.4 เซนติเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 70 นาที และอบให้สุกที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่า การเติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลที่ปริมาณร้อยละ 6 และ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถช่วยลดค่า a_w และค่าแรงเฉือน (shear force) รวมทั้งทำให้มีร้อยละของปริมาณความชื้นและค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ลดลง และลดการเจริญของยีสต์และรา ซึ่งทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้เป็นเวลานาน 6 เดือน โดยการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 9 มีความเหมาะสมที่สุด สามารถลดค่า a_w ได้จาก 0.78 เป็น 0.75 นอกจากนี้การเติมซอร์บิทอลลดค่าความชื้น ค่า a_w และส่งผลในด้านให้ความนุ่มกับผลิตภัณฑ์ได้น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมกลีเซอรอล ทั้งนี้เนื่องด้วยคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของกลีเซอรอลคือ มีประสิทธิภาพในการทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่น ซึ่งอาจมีผลในการทำให้เนื้อทั้งชิ้นนั้นมีความแน่นของเนื้อสัมผัสลดลงเนื่องมาจากปริมาณน้ำและกลีเซอรอล

นอกจากนี้ Jang *et al*. (2015) ทำการศึกษาทดลองการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และไซลิทอล ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และ 5 แทนที่การใช้น้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโค โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นเนื้อ 1.8 เซนติเมตร และอบแห้งที่อุณหภูมิในขั้นตอนต่อไปนี้ ได้แก่ อบแห้งอย่างรวดเร็ว (55 องศาเซลเซียส, 90 นาที) อบแห้งอย่างช้า (65 องศาเซลเซียส, 180 นาที และ 75 องศาเซลเซียส, 90 นาที) และอบให้สุก (75 องศาเซลเซียส, 10 นาที) พบว่า การใช้สารฮิวเมก-แตนท์นั้นส่งผลต่อผลิตภัณฑ์เจอร์กี้โดยมีผลทำให้ค่าความชื้นเพิ่มมากขึ้น และมีผลต่อการลดลงของค่า a_w ค่า TBARS และค่าแรงเฉือน (shear force) ที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 ส่งผลให้ค่า a_w ลดลงได้ดีที่สุดจาก 0.87 เป็น 0.83 ซึ่งโดยรวมแล้วซอร์บิทอล กลีเซอรอล และไซลิทอล ให้ผลในเชิงบวกต่อคุณภาพของเจอร์กี้เนื้อโค

รวมถึง Barret *et al*. (1998) ได้ทำการศึกษาระดับของกลีเซอรอลที่มีผลต่อลักษณะสัมผัสและการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโค โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นเนื้อ 1.8 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร เมื่อเติมกลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 0, 2 และ 4 พบว่า กลีเซอรอลสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ได้ โดยการเติมกลีเซอรอลที่ระดับร้อยละ 4 มีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งส่งผลต่อค่า a_w ทำให้มีค่าลดลงจาก 0.90 เป็น 0.85 และมีความชื้นสูงขึ้นทำให้มีความยืดหยุ่น รวมถึงมีค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารที่ช่วยให้เกิดความยืดหยุ่น (plasticizing) กับโครงข่ายโปรตีน หรือลดความแข็งกระด้างของเนื้อสัตว์

2.6 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

สาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากจุลินทรีย์ เช่น คุณลักษณะของอาหาร (เช่น องค์ประกอบ สูตรอาหาร pH และ a_w) กระบวนการบรรจุ (เช่น ตัวแปรต่าง ๆ ในระหว่างการบรรจุ) บรรจุภัณฑ์ (เช่น วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ และคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์) รวมถึงสภาพแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษาและการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนส่ง (เช่น อุณหภูมิ แสง ความดัน น้ำ ไอน้ำ แก๊ส และแรงเชิงกล เป็นต้น) ดังนั้นหลักในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ คือ การปรับปัจจัยดังกล่าวให้เหมาะสม อาจใช้วิธีการขัดขวางการเจริญหรือกิจกรรมในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์โดยการใช้สารกันเสีย รวมถึงป้องกันหรือทำให้เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และเกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหารช้าลงโดยการควบคุมปฏิกิริยาเคมีที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา เช่น การปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ ปริมาณน้ำในอาหาร ปริมาณออกซิเจน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา เพื่อให้อาหารมีอายุการเก็บรักษาหรือใช้ประโยชน์ได้นานขึ้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2559)

เจอร์กี้เนื้อโคเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ประเภทกึ่งแห้ง ซึ่งมีกระบวนการผลิตที่ทำให้เกิดการสูญเสียความชุ่มชื้นมากเพื่อลด a_w เป็นผลทำให้เกิดลักษณะสัมผัสที่แห้ง เหนียว และมีสีสันที่ไม่น่ารับประทาน ซึ่งในกรณีที่มีการปรับปรุงลักษณะสัมผัสเพื่อลดลักษณะดังกล่าว และเพิ่มความนุ่มให้กับผลิตภัณฑ์ อาจทำให้มีค่า a_w สูงขึ้น และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ปริมาณไขมันและออกซิเจนทำให้เกิดการกระตุ้นการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ (Ledward. 1987; Quinton *et al*. 1997; Jang *et al*. 2015) ดังนั้นการเก็บรักษาในประเทศไทยเมื่อเปิดบรรจุภัณฑ์เพื่อบริโภคผลิตภัณฑ์แล้วควรเก็บในตู้เย็น เนื่องจากประเทศไทยมีอากาศร้อนและมีความชื้นในบรรยากาศสูง (รุจริน ลิ้มศุภวานิช. 2561)

2.6.1 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ปัจจัยที่ต้องควบคุมในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาจะต้องควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ ดังต่อไปนี้

1) อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทำงานของเอนไซม์ และการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการแปรรูปหรือการเก็บรักษามีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาเคมีและอัตราเร็วในการทำลายจุลินทรีย์ อุณหภูมิต่ำไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ เพียงแต่ยับยั้งการเจริญ ถ้าอาหารแช่เย็นหรือแช่แข็งมีอุณหภูมิสูงขึ้นจุลินทรีย์สามารถเจริญได้ ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ไม่สร้างสปอร์ได้ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549) จุลินทรีย์สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มตามช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญได้ดังนี้ 1) psychrophiles มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม 14 - 20 องศาเซลเซียส 2) mesophiles มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม 30 - 37 องศาเซลเซียส 3) facultative thermophiles มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม 38 - 46 องศาเซลเซียส และ 4) obligate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

thermophiles มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม 50 - 66 องศาเซลเซียส (ประภาศรี เทพรักษา และคณะ. 2550)

2) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่า pH ในอาหารมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการทำงานของเอนไซม์ ตลอดจนการเจริญของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างอาจจะเร่งหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหารช้าลง (สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549) โดยทั่วไปจุลินทรีย์มีความต้องการ pH ต่อการเจริญโดยสามารถแยกออกเป็น 3 ระดับ คือ pH ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ (minimum pH), pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญได้ (optimum pH) และ pH สูงสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ (maximum pH) แบคทีเรียส่วนใหญ่มีค่า optimum pH ใกล้ 7.0 ในขณะที่แบคทีเรียก่อโรคไม่สามารถเจริญได้ที่ pH ต่ำกว่า 4.0 (ประภาศรี เทพรักษา และคณะ. 2550) ความเป็นกรดในเนื้อสัตว์ช่วยลดความชื้นในระหว่างกระบวนการอบแห้ง เนื่องจากค่า pH ที่สูงขึ้นนั้นเมื่อเนื้อสัตว์มีการขาดน้ำจะส่งผลให้โปรตีนหดตัวเพื่อขับน้ำ นอกจากนี้ความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการทำให้แห้งจากความชื้นที่ระเหยไปทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น ซึ่งค่า pH ที่สูงมีผลต่อความชื้นและการไหลเวียนของอากาศในระหว่างกระบวนการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื่องจากค่า pH ที่สูงขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งยาก ค่า pH ที่ต่ำจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้เพราะช่วยกำจัดและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ (Miriam. 2007)

3) ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์แต่ละชนิด โดยเฉพาะอยู่ในรูปของน้ำอิสระ ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการความชื้นที่แตกต่างกัน โดยเรียงความต้องการน้ำจากน้อยไปมากได้ดังนี้คือ เชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย ซึ่งความชื้นที่จุลินทรีย์ต้องการมักถูกกำหนดในรูปของค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ หมายถึงการวัดค่าน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ โดยเป็นสัดส่วนของความดันไอย่อยของน้ำในอาหารกับความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน (ประภาศรี เทพรักษา และคณะ. 2550) น้ำเป็นส่วนประกอบหลักของอาหารทุกชนิดโดยอยู่ในรูปอิสระ (free water) และเกาะเกี่ยวกับสารอื่น น้ำอิสระเป็นน้ำที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างของอาหารอาจมีการเกาะตัวกับองค์ประกอบของอาหารบ้าง น้ำสามารถเป็นตัวทำละลายได้ มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีและจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิตได้ โดยจะเรียกน้ำอิสระนี้ว่า a_w จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่า a_w สูง และมีความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาลต่ำ (คมแข พิลาสมบัติ และคณะ. 2558)

ปริมาณน้ำอิสระมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ เช่น การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร การเกิดออกซิเดชัน การเปลี่ยนสีเขียวของคลอโรฟิลล์และสีม่วงแดงของแอนโธไซยานินในผักและผลไม้ รวมถึงชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญในอาหารนั้น ๆ การลดปริมาณน้ำอิสระจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารได้ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549) a_w จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างพิษของจุลินทรีย์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2549) มีรายงานว่า a_w มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ โดยเมื่อค่า a_w มากกว่า 0.85 ในสภาวะมีอากาศ และมากกว่า 0.91 ในสภาวะสุญญากาศ ควรป้องกันการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes* รวมถึงเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคชนิดอื่น ๆ (USDA-FSIS. 2014) การศึกษาอัตราการอยู่รอดของเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมรับประทาน โดยบรรจุภัณฑ์สุญญากาศเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (21 องศาเซลเซียส) พบว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่มีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.68 - 0.82 หลังจาก 1 สัปดาห์ จำนวนเชื้อ *S. aureus* ลดลง 1.0 - 2.6 log cfu และหลังจาก 4 สัปดาห์ ลดลง 3.2 - 4.5 log cfu (Ingham *et al.* 2004) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคแบบสุญญากาศที่มีค่า a_w 0.75 พบว่า มีจำนวนเชื้อ *L. monocytogenes* ลดลง 2.4 log cfu ในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (21 องศาเซลเซียส) และตรวจไม่พบเชื้อหลังจาก 4 สัปดาห์ต่อมา (Ingham *et al.* 2005) ทั้งนี้มีรายงานว่า เนื้อเจอร์กี้ที่บรรจุภัณฑ์สุญญากาศที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ควรมีค่า a_w สูงสุดได้ไม่เกิน 0.87 เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียกลุ่มที่ก่อโรคไม่สามารถเจริญได้ (Ingham *et al.* 2006)

เจอร์กี้เป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีการผลิตทั้งเพื่อรับประทานเองที่บ้านและในเชิงพาณิชย์ ซึ่งหากไม่มีการควบคุมการผลิตให้ดีอาจได้รับการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *S. aureus, E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. *L. monocytogenes* และ *Clostridium botulinum* (Kim *et al.* 2014; Yong *et al.* 2017) หน่วยบริการตรวจสอบด้านความปลอดภัยของอาหาร กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดเกณฑ์ทางจุลชีววิทยาสำหรับเนื้อสัตว์พร้อมรับประทาน (ready-to-eat) ประเภทหมักหรืออบแห้งไว้ว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ไม่ควรมีค่า a_w มากกว่า 0.85 หรือค่า pH ไม่มากกว่า 5.3 และสำหรับบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศไม่ควรมีค่า a_w มากกว่า 0.92 รวมถึงกระบวนการผลิต ซึ่งผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ควรมีขั้นตอนการฆ่าที่ผ่านการตรวจสอบเชื้อ *E. coli* O157:H7 สำหรับเนื้อโค, *Salmonella* spp. สำหรับเนื้อหมูและสัตว์ปีก, Coliforms, Enterobacteriaceae และ *S. aureus* ตามความเหมาะสมของเนื้อสัตว์ (USDA-FSIS. 2015) และเนื่องจากไม่มีมาตรฐานการควบคุมเชื้อก่อโรคสำหรับผลิตภัณฑ์เหล่านี้ จึงต้องมีการระบุข้อจำกัดที่สำคัญเพื่อปฏิบัติตามวิธีการผลิตที่ผ่านการตรวจสอบและได้รับการรับรองโดยการศึกษาวิจัย ซึ่งจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าเชื้อ *E. coli* O157:H7 และ *L. monocytogenes* มีความต้านทานที่ดีกว่าเชื้อ *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการหมักหรือการอบแห้ง และเชื้อ *Salmonella* spp. สามารถทนความร้อนได้มาก ดังนั้นหน่วยงานบริการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหาร กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา จึงแนะนำให้สถานประกอบการมีการควบคุมและลดจำนวนของเชื้อ *Salmonella* spp. อย่างน้อย 5 log และจัดการทำลายเชื้อ *L. monocytogenes* และ *E. coli* O157:H7 (USDA-FSIS. 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ปริมาณออกซิเจน มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนต่าง ๆ แบคทีเรียและจุลินทรีย์ประเภทยีสต์ราที่ต้องการอากาศในการดำรงชีวิตสามารถเจริญได้ดีในเนื้อสัตว์บริเวณผิวด้านนอก (บุษกร อุตรภิชาติ. 2552) โดยอาหารที่มีไขมันสูงไม่ควรมีออกซิเจนเข้าไปสัมผัสกับอาหาร และในอาหารประเภทเนื้อสัตว์สด เช่น เนื้อวัว ต้องการให้มีออกซิเจนเล็กน้อยเพื่อให้เนื้อมีสีแดงสด จึงควรเลือกใช้บรรจุภัณฑ์หรือปรับบรรยากาศที่เหมาะสม โดยทั่วไปการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารมักจะทำการควบคุมปัจจัยข้างต้นโดยใช้วิธีการผสมผสานหลักการแปรรูปต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เช่น หากอาหารมีความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่า 4.6 และ a_w สูงกว่า 0.85 จะต้องใช้อุณหภูมิสูงสำหรับฆ่าเชื้อ แต่ถ้าอาหารมีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 4.6 จะใช้อุณหภูมิต่ำกว่าในการฆ่าเชื้อ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549)

ในสหรัฐอเมริกาจัดให้เนื้อเจอร์กี้เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมรับประทานที่ผ่านการอบลมร้อน และเป็นอาหารประเภทที่มีความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง คือสามารถเก็บไว้ได้โดยไม่ต้องแช่เย็น และเป็นอาหารยอดนิยมในประเทศแถบอเมริกา (รุจริน ลิ้มศุภวานิช. 2561; Harrison *et al*. 2006) ซึ่งหน่วยบริการตรวจสอบด้านความปลอดภัยของอาหาร กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา ได้มีการตั้งข้อกำหนดด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้โดยหลังการทำให้แห้งควรตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* และ *S. aureus* (USDA-FSIS. 2014)

นอกจากนี้เจอร์กี้เป็นผลิตภัณฑ์ของต่างประเทศ ซึ่งอาจจะยังไม่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ดังนั้นจึงยังไม่มีข้อกำหนดที่เป็นมาตรฐานด้านอาหารของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ อย่างไรก็ตามในประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์เนื้อแดดเดียวที่มีลักษณะและกระบวนการผลิตคล้ายกับเจอร์กี้ และต้องผ่านการทำให้สุกก่อนรับประทาน ซึ่งจัดเป็นอาหารกึ่งแห้งเช่นเดียวกับเจอร์กี้ และได้มีการกำหนดข้อกำหนดด้านจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไว้ว่า จะต้องตรวจพบเชื้อ *S. aureus* น้อยกว่า 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตรวจพบเชื้อ *E. coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น น้อยกว่า 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม รวมถึงยีสต์ และรา ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2549) นอกจากนี้บิลตอง (biltong) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งในประเทศแอฟริกาใต้ที่มีลักษณะคล้ายเนื้อเจอร์กี้แต่มีความหนาและมีความชื้นสูงกว่า ซึ่งได้มีข้อกำหนดทางจุลินทรีย์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปตามมาตรฐานของแอฟริกาใต้ระบุไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total viable count, TVC) ไม่ควรเกิน 6 log cfu/g ส่วน *E. coli, S. aureus* และ *L. Monocytogenes* ควรต่ำกว่า 1, 1.3 และ 2 log cfu/g ตามลำดับ และไม่ควรตรวจพบ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 กรัม รวมถึงยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ไม่ควรเกิน 3 และ 2 log cfu/g ตามลำดับ (SANS. 2011; Jones *et al*. 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การเกิดกลิ่นหืนในอาหาร

การเหม็นหืนในอาหารเป็นการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส การออกซิเดชันของไขมันเกิดจากการรวมกันของอนุมูลอิสระและออกซิเจนในรูปแบบไฮโดรเปอร์-ออกไซด์ (Kim *et al*. 2014; Derakhshan *et al*. 2018) อัตราการออกซิเดชันของไขมันมีผลมาจากปัจจัยหลายอย่างโดยเฉพาะอุณหภูมิภายนอกเป็นปัจจัยสำคัญ การมีออกซิเจนในบริเวณใกล้อาหารทำให้อัตราการออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เนื่องจากการออกซิเดชันของไขมันในอาหารมักเกิดในอัตราที่สูงเมื่อค่า a_w ต่ำมาก ในการกำหนดอายุการเก็บรักษาของอาหารที่มีไขมันสูงอาจต้องพิจารณาปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ ที่สามารถถูกกระตุ้นได้จากแสง เช่น การสูญเสียวิตามินและการเกิดสีน้ำตาลของเนื้ออาหาร (รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540) การป้องกันหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหารช้าลง ทำได้โดยการควบคุมปฏิกิริยาเคมีที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา เช่น การทำลายเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารด้วยการลวกในน้ำร้อนหรือให้สัมผัสกับไอน้ำ การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น การป้องกันปฏิกิริยาเติมออกซิเจนในอาหาร (oxidation) ที่ทำให้อาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบนั้นมีความหืน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2559) สาเหตุที่ทำให้เกิดการเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation rancidity) ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสลายตัวไปเป็นสารที่ระเหยง่าย เกิดกลิ่นเหม็นหืนและมักทำให้วิตามินที่ละลายในไขมันถูกทำลายไปด้วย ในขณะที่มีการเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติหรือการเหม็นหืนในอาหารนั้น การเกิดอนุมูลอิสระในระหว่างกระบวนการ (autocatalytic) ก็ทำให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการได้ด้วย เช่น การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนสี ซึ่งการเหม็นหืนแบบนี้อาจป้องกันได้โดยไม่ให้อาหารสัมผัสกับอากาศ ทำได้โดยเก็บผลิตภัณฑ์ในภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทไว้ที่อุณหภูมิต่ำ หรืออาจเติมสารกันหืนลงไป

2) การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis rancidity) เป็นการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลเปส (lipase) หรือเอนไซม์ไลพอกซิเดส (lipoxidase) ที่มีอยู่ในอาหาร เอนไซม์ไลพอกซิเดสจะทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเกิดการแตกตัวแล้วได้เป็นสารที่มีกลิ่นเหม็นหืนส่วนเอนไซม์ไลเปสจะทำให้ไขมันแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล ซึ่งกรดไขมันอิสระเหล่านี้ที่ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ ป้องกันได้โดยการทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเหม็นหืนด้วยความร้อน (รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540)

การเกิดออกซิเดชันของไขมันส่งผลเสียต่อคุณภาพเนื้อสัตว์โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (เช่น สี เนื้อสัมผัส กลิ่น และรส) และคุณภาพทางโภชนาการ รวมถึงการสะสมของเอมีนในเจอร์กี้เนื้อโคในระหว่างการเก็บรักษา (Lee *et al*. 2012; Lim *et al*. 2012; Nam *et al*. 2016; Guo *et al*. 2020) โดยกระบวนการให้ความร้อนในที่ที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนและความชื้น ทำให้ไขมันและน้ำเกิดปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิส เกิดการออกซิเดชันและการเปลี่ยนแปลงเชิงความร้อน ส่งผลให้เกิดการก่อตัวของกรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) (Presswood. 2012) ออกซิเดชันของไขมันไม่เพียงแต่ทำให้เกิดกลิ่นหืน แต่ยังส่งผลต่อการรวมตัวของอัลดีไฮด์ที่เป็นพิษทำให้คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องมาจากการย่อยสลายกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acids, PUFA) (Gómez-Estaca *et al.* 2014; Fang *et al.* 2017) ไขมันจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ อีกทั้งความชื้นและ a_w สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในระหว่างการเก็บรักษาโดยอากาศ ซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยและอายุการเก็บรักษาของอาหาร (Presswood. 2012)

ดังนั้นการเกิดออกซิเดชันของไขมันจึงเป็นสาเหตุหนึ่งในการลดคุณภาพของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ มีรายงานว่าเจอร์กี้เนื้อโคมีความไวต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมันมากกว่าเจอร์กี้เนื้อกวางในระหว่างการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของปริมาณไขมันและองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อที่แตกต่างกัน นอกจากนี้เนื้อเจอร์กี้ที่เสริมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาตินั้นสามารถแห้งได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่เสริม ทั้งนี้การทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นและปริมาณไขมันลดลงจะสามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ (Nam *et al.* 2016) หรืออาจเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ เช่น butylated hydroxyanisole (BHA) และ butylated hydroxytoluene (BHT) เพื่อชะลอการเกิดออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป และชะลอการการเสื่อมคุณภาพที่เกิดจากการออกซิเดชัน (Guo *et al.* 2020) นอกจากนี้การใช้วัตถุดูดซับออกซิเจน (oxygen absorber) รวมถึงวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่เกิดจากปัจจัยภายนอกได้ เช่น ออกซิเจน แสง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (Jensen *et al.* 2003)

2.6.3 ชนิดของบรรจุภัณฑ์

โดยตามธรรมชาติมีกลไกป้องกันการเสื่อมเสีย เช่น เปลือกแข็งของเมล็ดข้าวหรือถั่ว เปลือกผลไม้ เปลือกไข่ ซึ่งสามารถป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์เข้าไปภายในเนื้อเยื่อได้ การแปรรูปอาหารสามารถเลียนแบบธรรมชาติโดยการเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับอาหาร มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและอากาศได้ดี (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2559) การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดจากปัจจัยภายนอก เพื่อป้องกันแสง ออกซิเจน ป้องกันแมลง สัตว์ หรือความเสียหายที่มาจากแรงกระแทกในระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย นอกจากนี้การควบคุมปัจจัยแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น อากาศที่ผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุ และอุณหภูมิในการเก็บรักษาจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เพื่อให้อาหารมีอายุการเก็บรักษาหรือใช้ประโยชน์ได้นานขึ้น (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาสติกลามิเนต เป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกที่ผ่านกระบวนการลามิเนตโดยการนำฟิล์มพลาสติกหลาย ๆ ชั้นมาเคลือบติดเข้าด้วยกันเป็นฟิล์มแผ่นเดียว ยึดระหว่างชั้นฟิล์มด้วยความร้อนหรือกาว (adhesive) โดยพลาสติกและวัสดุที่นิยมนำมาเคลือบเข้าด้วยกันเพื่อผลิตฟิล์มลามิเนตสำหรับบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ aluminum foil, polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyester (PET), nylon polyamide (PA) และ metalized พลาสติกลามิเนตเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์และรักษาความสดของอาหาร ป้องกันการซึมผ่านความชื้น ออกซิเจน เก็บรักษากลิ่นและรสชาติได้ดีมาก (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. 2560; Ribeiro-Santos *et al*. 2017; Akram *et al*. 2019) นอกจากนี้ลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อเจอร์กี้ควรบรรจุแบบสุญญากาศหรือสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยที่สุดเพื่อป้องกันเชื้อรา ในอุตสาหกรรมจะพบว่ามีการบรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) ที่อาจจะมีส่วนผสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 20 - 30 และไนโตรเจน (N_2) ร้อยละ 70 - 80 (รุจริน ลิ้มศุภวานิช. 2561)

การบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์เจอร์กี้มักจะคำนึงถึงความชื้นและอากาศที่จะผ่านเข้าไปภายในบรรจุภัณฑ์โดยการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันและควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Fang *et al*. 2017) มีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ ซึ่งมีการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ที่แตกต่างกันสำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ เช่น มีการใช้ถุงพลาสติกที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนเพื่อเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคสำหรับการทดลอง โดยบรรจุแบบหลวมเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 20 วัน (Lim *et al*. 2012; Nam *et al*. 2016) เก็บตัวอย่างเจอร์กี้เนื้อโคในถุงพลาสติกที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้โดยไม่ต้องสุญญากาศ และเก็บในสภาวะที่มีแสงสว่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีและกายภาพ (Yang *et al*. 2009) รวมถึงการเก็บแบบปิดผนึกสุญญากาศ (Ingham *et al*. 2006) นอกจากนี้มีการบรรจุตัวอย่างเจอร์กี้ในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (low density polyethylene, LDPE) ที่มีความหนาแน่นต่ำ 100 - 170 มม. (Kim *et al*. 2010b) และมีการศึกษาบรรจุภัณฑ์ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคที่รวมโพลิไอโซพรีน (polystyrene, PS) ซึ่งเป็นยางธรรมชาติ เข้ากับพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พบว่า LDPE ที่ใช้ร่วมกับ PS ความเข้มข้นร้อยละ 20 มีความเสถียรของค่าสีและค่า pH ในผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา และในการวิเคราะห์ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน พบว่า มีประสิทธิภาพเป็น butylated hydroxytoluene โดยรักษาเสถียรภาพการออกซิเดชันของเนื้อเจอร์กี้ และมีจำนวนจุลินทรีย์ลดลงภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน (Gaikwad *et al*. 2020)

นอกจากนี้ยังมีการทดลองบรรจุผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ในถุงพลาสติก LLDPE เป็นเวลา 13 เดือน ซึ่งโพลิเอทิลีนเป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (linear low density polyethylene, LLDPE) มีการซึมผ่านของไอน้ำได้สูง อาจมีผลต่อการสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์ทำให้มีลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมผัสที่แข็งและส่งผลเสียต่อรสชาติในระหว่างการเก็บรักษา (Guo *et al.* 2020) อีกทั้งมีการทดลองศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของไขมันและการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์เนื้อโคทอดแบบสุญญากาศ (vacuum frying) โดยใช้บรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate, PET) และอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต (aluminium foil laminate) เก็บรักษาตัวอย่างเนื้อทอดสุญญากาศไว้ที่อุณหภูมิ 11, 15, 25, 35 และ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 5, 10, 15 และ 17 สัปดาห์ พบว่า สามารถเก็บผลิตภัณฑ์เนื้อโคทอดได้นานถึง 32 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 15 - 25 องศาเซลเซียส โดยไม่มีการเสื่อมสภาพของไขมัน ซึ่งบรรจุภัณฑ์อลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตสามารถลดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากอัตราการส่งผ่านของออกซิเจนและไอน้ำ (Presswood. 2012)

การควบคุมระดับออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นสิ่งสำคัญในการลดอัตราการเสื่อมสภาพและการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ โดยออกซิเจนที่เหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์นั้นจำเป็นต้องมีการควบคุมเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น การบรรจุแบบสุญญากาศ (vacuum packaging) การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere packaging) และการใช้วัตถุดูดซับออกซิเจน (oxygen absorber) ซึ่งวัตถุดูดซับออกซิเจนเป็นสารกำจัดออกซิเจน ประกอบด้วย ผง iron oxide หรือธาตุเหล็ก มีคุณสมบัติสามารถดูดซับ (absorb) ออกซิเจนได้ โดยตัวเองทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง บรรจุในซองที่ปลอดสารพิษจากเหล็กออกไซด์ เช่น dessicant หรือ sachet แล้วใส่ไว้ภายในบรรจุภัณฑ์ ใช้ได้ในอาหารแห้งที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ เช่น เนื้อเจอร์กี้ เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการออกซิเจน เช่น รา และแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ (aerobic bacteria) ซึ่งถือเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ (Smith *et al.* 1990) ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ที่ดีจึงควรรักษาผลิตภัณฑ์โดยป้องกันการสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์ การปนเปื้อนจากแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย การออกซิเดชันของไขมัน และไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ในระหว่างการเก็บรักษา (Guo *et al.* 2020)

2.7 กระบวนการทำให้แห้ง

2.7.1 กลไกการอบแห้ง

การอบแห้ง (drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัตถุดิบที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัตถุดิบนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัตถุดิบนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัตถุดิบนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา ในการอบแห้งวัตถุดิบจะแห้งได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระเหยเป็นไอจะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง (จรัญ คนแรง และคณะ. 2557) โดยกลไกการอบแห้งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

1) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ เป็นช่วงที่อุณหภูมิของวัตถุดิบจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้น (อุณหภูมิห้อง) จนถึงอุณหภูมิสมดุลที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการอบ เรียกว่า ช่วงอุ่นวัตถุดิบ ในกรณีที่วัตถุดิบได้รับความร้อนด้วยการพาความร้อนโดยลมร้อน อุณหภูมิสมดุลนี้จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น

2) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ วัตถุดิบจะมีอุณหภูมิคงที่ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้นเท่านั้น ชั้นของการระเหยจะเกิดที่ผิวหน้าของวัตถุดิบโดยอัตราเร็วในการอบจะมีค่าคงที่ ช่วงนี้เรียกว่า ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งจะดำเนินไปตราบเท่าที่มีความชื้นอิสระให้ระเหยอยู่ที่ผิวหน้าของวัตถุดิบ โดยอัตราความชื้นของวัตถุดิบจะลดลงด้วยอัตราเร็วคงที่

3) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง เมื่ออบไปเรื่อย ๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัตถุดิบแห้งลง และความชื้นภายในเนื้อวัตถุดิบเริ่มลดลง ความชื้นอิสระภายในตัววัตถุดิบจะซึมขึ้นมาทดแทนให้ทันกับอัตราเร็วในการระเหยที่ผิวหน้า จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงที่ 3 ได้แก่ ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง ชั้นของการระเหยจะค่อย ๆ เลื่อนลงลึกเข้าไปในเนื้อวัตถุดิบ อุณหภูมิของวัตถุดิบจะเริ่มเข้าใกล้อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณพื้นผิว ในการอบความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตถุดิบ นอกจากนี้ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ไปในการให้ความร้อนตัววัตถุดิบเองอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อย ๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป (สรัญญา บุปผาพิบูลย์. 2549)

การอบแห้งเป็นวิธีการเก็บรักษาอาหารที่ได้รับความนิยมโดยการทำให้อาหารมีความชื้นต่ำ คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายขึ้นอยู่กับเทคนิควิธีการทำให้แห้งและการเก็บรักษา (Doymaz. 2005) การอบแห้งสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และด้านอื่น ๆ ของอาหาร (Bal *et al.* 2010) ซึ่งมีลักษณะการอบแห้งต่าง ๆในการทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีความชื้นต่ำ เช่น การอบแห้งตามธรรมชาติ (การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์) การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งแบบแช่แข็ง เป็นต้น (Jamhari *et al.* 2018) โดยวิธีการอบแห้งเนื้อเจอร์กี้มีหลายวิธี ได้แก่ การอบโดยใช้ตู้อบรมควัน (smoker oven) การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (sun drying) และการใช้ตู้อบลมร้อน (hot air oven) วิธีการทำให้แห้งด้วยแสงอาทิตย์เป็นการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นวิธีที่เก่าแก่ที่สุดและใช้กันมาเป็นเวลานาน โดยการนำเนื้อสัตว์ไปตากให้แห้งด้วยแสงอาทิตย์ แต่เนื้อตากแห้งที่ได้มักมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง ซึ่งการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิในการอบแห้งที่ต่ำ และอาจมีปริมาณความชื้นเหลืออยู่สูงมาก ซึ่งถ้าเก็บไว้นานอาจจะเสียได้ง่าย การทำให้แห้งด้วยวิธีนี้อาจใช้เวลาค่อนข้างมาก และยากต่อการควบคุมความชื้น จำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำให้แห้งเป็นอย่างดี เช่น ขนาดชิ้นเนื้อ ระยะเวลาในการทำให้แห้ง อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม และฤดูกาล เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังคงมีต้นทุนสูงกว่าวิธีการอบด้วยลมร้อน (Park and Park. 2007; Lim *et al*. 2012; USDA-FSIS. 2014; Nam *et al*. 2016)

2.7.2 การทำให้แห้งด้วยลมร้อน

การทำให้แห้งด้วยลมร้อนเป็นหนึ่งในวิธีการอบแห้งที่ได้รับความนิยมและใช้กันทั่วไปในการลดปริมาณน้ำในอาหาร (Jamhari *et al*. 2018) วิธีการทำให้แห้งด้วยลมร้อน (hot air drying) คือการใช้อุปกรณ์ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งตามความต้องการและมีความชื้นสม่ำเสมอ การทำให้แห้งด้วยลมร้อนที่นิยมใช้กับเนื้อสัตว์ คือ การใช้ตู้อบลมร้อน หรือการใช้ตู้อบรมควัน โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิ เวลา และความชื้นสัมพัทธ์ได้ การตากผลิตภัณฑ์ในตู้ขนาดใหญ่ซึ่งมีลมร้อนเป่าผ่านจึงสามารถระเหยน้ำออกไปกับลมร้อนและปล่อยออกทางช่องระบายลมภายในตู้อบโดยใช้อุณหภูมิในการอบประมาณ 50 - 70 องศาเซลเซียส (อิ่มเอิบ พันสด. 2549)

นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 25 - 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง ส่งผลให้ระดับความชื้นและ a_w ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และการอบแห้งด้วยลมร้อนมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่ำกว่าการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ เนื่องจากการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์นั้นมีอุณหภูมิที่ต่ำ อาจไม่เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกระบวนการอบแห้ง ซึ่งการอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ (Lim *et al*. 2012) นอกจากนี้การอบแห้งโดยใช้วิธีการไล่ความชื้นของวัตถุดิบด้วยลมร้อนที่ทำให้น้ำในวัตถุดิบระเหยออกไปนั้น มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อลงอย่างน้อย 5 Log cfu/g ที่อุณหภูมิ 52 - 68 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการทำให้แห้งที่นานขึ้น เพื่อควบคุมและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโค (Faith *et al*. 1998) การอบแห้งด้วยลมร้อนถือเป็นแหล่งความร้อนเทียมที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานแปรรูปเนื้อสัตว์ โดยสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสัตว์ แมลง ฝุ่น และแบคทีเรีย (USDA-FSIS. 2014) นอกจากนี้วิธีการอบแห้งยังมีประโยชน์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการลดความชื้นในระหว่างกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนและทำให้แห้งได้อย่างสม่ำเสมอ (Lim *et al*. 2012)

2.8 มาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้

จากข้อกำหนดของหน่วยบริการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหาร (food safety and inspection service, FSIS) กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ไว้ ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ควรอยู่ในช่วง 0.70 - 0.85 หรือต่ำกว่า เพื่อควบคุมการเจริญของเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2) ค่าความชื้นค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วงร้อยละ 25 - 30 และควรมีอัตราส่วนของปริมาณความชื้นต่อโปรตีน (moisture to protein ratio, MPR) ไม่มากกว่า 0.75 : 1

3) จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์หลังการทำให้แห้งควรตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* และ *S. aureus*

4) อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่ผลิตโดยการทำให้แห้งภายในครัวเรือนควรมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 1 - 2 เดือน ส่วนเจอร์กี้ที่ผลิตเพื่อจัดจำหน่ายทางการค้าควรมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 12 เดือน นอกจากนี้ยังกำหนดให้มีอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อระหว่างการอบแห้งต้องไม่ต่ำกว่า 71.1 องศาเซลเซียส (Konieczny *et al*. 2007; USDA-FSIS. 2014; Sorapukdee *et al*. 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1) Agar (Merck, Germany)

2) Malt extract (Merck, Germany)

3) Chromocult (Merck, Germany)

4) Baird-parker agar (BP) (Merck, Germany)

5) Plate count agar (PCA) (Merck, Germany)

6) DEV Tryptophan broth (TB) (Merck, Germany)

7) Nutrient broth (NB) (Merck, Germany)

8) Sodium Chloride (NaCl) (Merck, Germany)

9) Potassium tellurite (PT) (Merck, Germany)

10) Kovac's indole reagent (Merck, Germany)

11) Trichloroacetic acid (TCA) (Merck, Germany)

12) 2 - Thiobarbituric acid (TBA) (Sigma, Germany)

13) 1,1,3,3 Tetra-ethoxypropane (Sigma, Germany)

14) Hydrochloric acid (HCL) (Qrec, New Zealand)

15) Alcohol (Scharlau Chemie S. A., Spain)

16) Glycerol (food grade) (Chemipan, Thailand)

17) 2,6-Di-tert-butyl-4-methyphenol (butylated hydroxytoluene, BHT) (Acros, Belgium)

3.2 วัสดุ-อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1) ตู้อบรมควัน (Autothurm smoker chamber, Germany)

2) ตู้อบลมร้อน (Binder, Model FD 115, Germany)

3) เครื่องชั่งชนิดหยาบ (Tanita model 1144, Japan)

4) เครื่องชั่งชนิดละเอียด (Sartorius, Basic, Germany)

5) ตู้เขี่ยเชื้อ Biohazard (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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath, Memmert, Germany)

10) เครื่องผสมสารละลายในหลอดทดลอง (Vortex Mixer KMC-1300V, Korea)

11) เครื่องไมโครเวฟ (Toshiba model ER-G8C, Thailand)

12) เครื่องวัดค่าสีของเนื้อ (Hunterlab Mini Scan EZ 4500S)

13) เครื่อง Homogenizer (Ultra tarrax, Germany)

14) เครื่องกลั่นโปรตีน (Gerhardt model Vapodest 30, Germany)

15) เครื่อง Centrifuge (Beckman Coulter model Avanti J-E, USA)

16) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (GENESYS 20, Thermo Scientific, USA)

17) เตาย่างควบคุมอุณหภูมิ (Chama model P8000C1, Germany)

18) เครื่องวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Novasina, Switzerland)

19) เครื่องวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler, Instron Model 3344, USA)

20) เครื่องตีป่นไฟฟ้า (Stomacher Bag Mixer 400 model VW, France)

21) เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Ramon, Germany)

22) เครื่องสไลด์เนื้อ

23) ไมโครปิเปต ขนาด 100, 200 และ 1000 ไมโครลิตร (Finnpipette F3, USA)

24) เครื่องแก้วและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น

25) ถุงสุญญากาศ (Laminate film, Romklao Packaging, Thailand)

26) วัตถุดูดซับออกซิเจน (Oxygen absorber S-50, Janjaras Chem Supply, Thailand)

แผนการศึกษาเรื่อง ผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพเจอร์กี้เนื้อโคขุน ในครั้งนี้มี 2 การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลอง

แผนการทดลอง	กิจกรรม
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของกลีเซอรอลความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน	1.1 วิธีการเตรียมตัวอย่าง วัตถุดิบเนื้อสัตว์ที่นำมาศึกษาในครั้งนี้คือ เนื้อโคขุนพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน × แองกัส (จากฟาร์มเกษตรกร) เพศเมีย อายุ 5 ปี มีน้ำหนักก่อนฆ่าประมาณ 600 - 700 กิโลกรัม เลี้ยงขุนแบบขังรวม โดยใช้เนื้อส่วนสะโพกพับนอก (bottom round : *M. biceps femoris*) ทำการขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นแท่งด้วยฟิล์มยืดถนอมอาหาร สไลด์เป็นแผ่นโดยมีความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร จากนั้นเติมส่วนผสม โดยแบ่งการทดลองออกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลอง (ต่อ)

แผนการทดลอง	กิจกรรม
	4 กลุ่ม ดังนี้ 1.1.1 กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร 1.1.2 กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร 1.1.3 กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร 1.1.4 กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร จากนั้นหมักส่วนผสมเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง อบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้ตู้อบรมควันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2, 3 และ 4 ชั่วโมง จึงทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ 1.2 วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่ผลิตจากเนื้อโคขุน 1.2.1 ร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้ง (drying yield, %) 1.2.2 ค่าแรงเฉือน (shear force, N) 1.2.3 ค่าสี (CIE L* a* และ b*) 1.2.4 ค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle) 1.2.5 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, a_w) 1.2.6 ปริมาณความชื้น (moisture, %)
การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา	2.1 วิธีการเตรียมตัวอย่าง วัตถุดิบเนื้อสัตว์ที่นำมาศึกษาในครั้งนี้คือ เนื้อโคขุนพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน × แองกัส (จากฟาร์มเกษตรกร) เพศเมีย อายุ 5 ปี น้ำหนักก่อนฆ่าประมาณ 600 - 700 กิโลกรัม เลี้ยงขุนแบบขังรวม โดยใช้เนื้อส่วนสะโพกพับนอก (bottom round : *M. biceps femoris*) ทำการขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นแท่งด้วยฟิล์มยืดถนอมอาหาร สไลด์เป็นแผ่นโดยมีความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร จากนั้นเติมส่วนผสม โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลอง (ต่อ)

แผนการทดลอง	กิจกรรม
	กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 หมักส่วนผสมเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง อบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้ตู้อบรมควันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง จึงทำการบรรจุผลิตภัณฑ์โดยใช้ถุงลามิเนตปิดผนึกด้วยความร้อน ภายในมีซองวัตถุดูดซับออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยมีการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มาทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ 2.2 วิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่ผลิตจากเนื้อโคขุน 2.2.1 ร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้ง (drying yield, %) 2.2.2 ค่าแรงเฉือน (shear force, N) 2.2.3 ค่าสี (CIE L* a* และ b*) 2.2.4 ค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle) 2.3 วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่ผลิตจากเนื้อโคขุน 2.3.1 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, a_w) 2.3.2 ปริมาณความชื้น (moisture, %) 2.3.3 การออกซิเดชันของไขมัน โดยวิธี Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 2.4 วิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่ผลิตจากเนื้อโคขุน 2.4.1 วิเคราะห์จุลินทรีย์รวม (Total plat count) 2.4.2 วิเคราะห์ยีสต์และรา (Yeast and Mold) 2.4.3 วิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* 2.4.4 วิเคราะห์ *Escherichia coli*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน

3.3.1.1 วิธีการเตรียมตัวอย่าง

วัตถุดิบเนื้อสัตว์ที่นำมาศึกษาในครั้งนี้คือ เนื้อโคขุนพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน × แองกัส (จากฟาร์มเกษตรกร) เพศเมีย อายุ 5 ปี มีน้ำหนักก่อนฆ่าประมาณ 600 - 700 กิโลกรัม เลี้ยงขุนแบบขังรวม หลังการฆ่าทำการบ่มซากเป็นระยะเวลา 7 วัน ก่อนนำเนื้อมาใช้ และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร โดยใช้เนื้อส่วนสะโพกพับนอก (bottom round : *M. biceps femoris*) ทำการขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นแท่งด้วยฟิล์มยืดถนอมอาหาร แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทำการสไลด์เป็นแผ่นด้วยเครื่องสไลด์ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร โดยมีความกว้างและความยาวของชิ้นเนื้อเฉลี่ย 3.5 × 10 เซนติเมตร (ภาพบางส่วนของกระบวนการผลิตดังแสดงในภาคผนวก ฉ) จากนั้นเติมส่วนผสม และเติมกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 10 เนื่องจากได้ศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ที่ทดลองใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าที่ระดับร้อยละ 10 ส่งผลดีในการปรับปรุงคุณภาพด้านต่าง ๆ และไม่ส่งผลกระทบต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการทดลองครั้งนี้ใช้กลีเซอรอลเกรดอาหาร ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 (Chemipan, Thailand)

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร 2) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร 3) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร และ 4) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร จากนั้นหมักส่วนผสมเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยปิดภาชนะด้วยฟิล์มยืดถนอมอาหาร นำเข้าตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 0 - 4 องศาเซลเซียส และอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้ตู้อบรมควันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง เนื่องจากได้ศึกษาเบื้องต้นพบว่า การอบที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง มีค่า a_w สูงเกินที่มาตรฐานกำหนด ดังนั้นในการทดลองที่ 1 จึงเลือกสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการอบ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน

1) ร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้ง (drying yield, %)

คำนวณหาร้อยละของผลผลิตของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนหลังการทำให้แห้ง โดยชั่งน้ำหนักก่อนผ่านกระบวนการอบและหลังจากผ่านกระบวนการอบ จากนั้นคำนวณน้ำหนักที่แตกต่างกันจากสูตร ดังต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละของผลผลิตหลังการอบ} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

2) ค่าแรงเฉือน (shear force, N)

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ด้วยรูปแบบค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) โดยการใช้หัววัด Warner Bratzler shear ด้วยเครื่อง Instron (model 3344, USA) ตัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 และ 3 ตัดเป็นชิ้นขนาด 1 × 2 × 0.5 เซนติเมตร และกลุ่มการทดลองที่ 2 และ 4 ตัดเป็นชิ้นขนาด 1 × 2 × 0.7 เซนติเมตร โดยตัดตามลายเส้นใยกล้ามเนื้อ ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ จากนั้นนำชิ้นผลิตภัณฑ์ไปทำการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยวางชิ้นผลิตภัณฑ์ในแนวขวางเส้นใยกล้ามเนื้อ บันทึกค่าแรงตัดผ่านเนื้อในหน่วยนิวตัน (N)

3) ค่าสี (CIE L* a* และ b*)

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนกลุ่มการทดลองละ 1 ชิ้น แต่ละตัวอย่างจะทำการวัดค่า 3 ซ้ำ โดยทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunterlab Mini Scan EZ 4500S (Hunter Lab Inc, Reston, VA, USA) ที่ผิวสัมผัสด้านนอก ทำการบันทึกผล ค่าที่ได้แสดงผลเป็นค่า L* (lightness) a* (redness) และ b* (yellowness) ปรับเทียบค่าเครื่อง (calibrate) ด้วยแผ่นสีมาตรฐานทุกครั้งก่อนการวัด

4) ค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle)

วิเคราะห์หาค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle) ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน คำนวณตามวิธีการของ Bhat *et al.* (2020) โดยนำค่า L* (lightness) a* (redness) และ b* (yellowness) ที่ได้จากการทำการวัดด้วยเครื่องวัดสี Hunterlab Mini Scan EZ 4500S (Hunter Lab Inc, Reston, VA, USA) มาใช้สำหรับคำนวณหาค่าความสดใส (chroma) (1) และค่าองศาของสี (hue angle) (2) ได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$\text{chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (1)$$

$$\text{hue angle} = \tan^{-1}(b^* / a^*) \quad (2)$$

5) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, a_w)

วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนหลังจากการอบแห้งตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ปริมาณ 2 กรัม ใส่ลงในภาชนะพลาสติกสำหรับใช้วิเคราะห์ โดยทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Novasina, Switzerland) จากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกค่าที่ได้ ทำการปรับเทียบค่าเครื่อง (calibrate) ด้วยสารละลายเกลือมาตรฐานตามวิธีการในคู่มือสำหรับใช้เครื่องทุกครั้งก่อนทำการวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้

6) ปริมาณความชื้น (moisture, %)

การหาปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนภายหลังการอบแห้ง ดัดแปลงจากวิธีการของ Jamhari *et al.* (2018) โดยการอบภาชนะอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 - 3 ชั่วโมง นำภาชนะอะลูมิเนียมออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนักของภาชนะอะลูมิเนียม ทำการบดตัวอย่างผลิตภัณฑ์ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และชั่งตัวอย่างให้ได้ปริมาณ 2 กรัม ใส่ในภาชนะอะลูมิเนียม นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยทำการอบเป็นเวลา 12 - 15 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด นำออกมาใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักหลังการอบเพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร ดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}}$$

3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา

3.3.2.1 วิธีการเตรียมตัวอย่าง

วัตถุดิบเนื้อสัตว์ที่นำมาศึกษาในครั้งนี้คือ เนื้อโคขุนพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน × แองกัส (จากฟาร์มเกษตรกร) เพศเมีย อายุ 5 ปี มีน้ำหนักก่อนฆ่าประมาณ 600 - 700 กิโลกรัม เลี้ยงขุนแบบขังรวม หลังการฆ่าทำการบ่มซากเป็นระยะเวลา 7 วัน ก่อนนำเนื้อมาใช้ และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร โดยใช้เนื้อส่วนสะโพกพับนอก (bottom round : *M. biceps femoris*) ทำการขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นแท่งด้วยฟิล์มยืดถนอมอาหาร แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทำการสไลด์เป็นแผ่นด้วยเครื่องสไลด์ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร โดยมีความกว้างและความยาวของชิ้นเนื้อเฉลี่ย 3.5 × 10 เซนติเมตร (ภาพบางส่วนของกระบวนการผลิตดังแสดงในภาคผนวก ฉ) จากนั้นเติมส่วนผสม และเติมกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 10 ซึ่งการทดลองครั้งนี้ใช้กลีเซอรอลเกรดอาหาร ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 (Chemipan, Thailand)

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 (กลุ่มควบคุม) และ 2) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 จากนั้นหมักส่วนผสมเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยปิดภาชนะด้วยฟิล์มยืดถนอมอาหาร นำเข้าตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 0 - 4 องศาเซลเซียส และอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้ตู้อบรมควันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จึงทำการบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์โดยใช้ถุงลามิเนตปิดผนึกด้วยความร้อน ภายในมีซองวัตถุดูดซับออกซิเจน (oxygen absorber) ยี่ห้อ best kept ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cubic centimeter, CC) ทำการบรรจุซองวัตถุดูดซับออกซิเจนลงในบรรจุภัณฑ์โดยคำนวณปริมาณการใช้ตามวิธีการของ โปรดรายเคมีคอลส์ (2563) โดยจำนวนซองที่ใส่ในบรรจุภัณฑ์คำนวณได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

ปริมาณออกซิเจน = [ความกว้างถุง × ความยาวถุง × ความหนาถุง (cm) - น้ำหนักอาหาร (g)] × 0.21

ค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นปริมาณของออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจะบ่งบอกการเลือกใช้จำนวนซองวัตถุดูดซับออกซิเจน (เช่น ปริมาณออกซิเจน 100 จะต้องใช้ซองวัตถุดูดซับออกซิเจนขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 2 ซอง) จากนั้นเก็บรักษาโดยนำผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแล้วทั้งหมดเก็บในกล่องพลาสติกมีฝาปิด โดยเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 เดือน และสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ต่อไป

3.3.2.2 วิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา (วิธีการวิเคราะห์ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 3.3.1.2)

1) ร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้ง (drying yield, %)

2) ค่าแรงเฉือน (shear force, N) ตัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลองเป็นชิ้นขนาด 1 × 2 × 0.5 เซนติเมตร

3) ค่าสี (CIE L* a* และ b*)

4) ค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle)

3.3.2.3 วิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา (วิธีการวิเคราะห์ดังแสดงในการทดลองที่ 1 ข้อ 3.3.1.2)

1) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity, a_w)

2) ปริมาณความชื้น (moisture, %)

3) การออกซิเดชันของไขมัน โดยวิธี Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

ศึกษาการออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ดัดแปลงจากวิธีการของ Zhang *et al.* (2019) โดยทำการชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ตัวอย่างละ 10 กรัม ใส่ในหลอดกลั่น (centrifugal tube) (ขนาด 50 มิลลิลิตร) บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นใส่สารละลาย BHT ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 มิลลิลิตร นำไปปั่น (homogenize) ที่ความเร็วรอบ 9,500 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมอุณหภูมิให้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ด้วยน้ำแข็ง จากนั้นเทใส่หลอดกลั่น เติมสารละลายกรด 5 N HCL ปริมาณ 1 มิลลิลิตร นำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่น ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อได้สารละลายส่วนใสแล้วจึงดูดสารละลายส่วนใสที่ได้จากการกลั่นปริมาณ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย TBA ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและบ่มในที่มืดเป็นเวลา 16 - 20 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ 532 นาโนเมตร บันทึกผลการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณค่าความเข้มข้นของ TBARS ที่ได้ โดยทำการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร 1,1,3,3 tetra-ethoxypropane และคำนวณหาค่า TBARS ในหน่วย mg MDA/kg sample

3.3.2.4 วิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา

1) Total plat count

ตรวจวิเคราะห์หาจุลินทรีย์รวมในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ตามวิธีการของ AOAC (2006) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง จำนวนตัวอย่างละ 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1 : 10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างจนได้ระดับที่เหมาะสม (1 : 100, 1 : 1,000 และ 1 : 10,000 เป็นต้น) และใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Plate count agar ปริมาตรจานละ 15 - 20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ทำการ pour plate รอจนอาหารแข็งแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ จากนั้นนำไปเพาะเชื้อโดยบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง ทำการนับจำนวนจุลินทรีย์รวม โดยรายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนจุลินทรีย์ระหว่าง 30 - 300 โคโลนี รายงานในรูปแบบหน่วยเป็น log cfu/g

2) Yeast and Mold

ตรวจวิเคราะห์หายีสต์และราในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ตามวิธีการของ AOAC (2005) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง จำนวนตัวอย่างละ 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1 : 10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างจนได้ระดับที่เหมาะสม (1 : 100, 1 : 1,000 และ 1 : 10,000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Malt agar ที่เติมกรดแลกติก (ความเข้มข้นร้อยละ 80) ปริมาตรจานละ 15 - 20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ทำการ pour plate รอจนอาหารแข็งตัวแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปเพาะเชื้อโดยบ่มที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนับจำนวนยีสต์และรา รายงานผลจำนวนยีสต์และราเฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนเชื้อระหว่าง 30 - 300 โคโลนี รายงานในรูปแบบหน่วยเป็น log cfu/g

3) *Staphylococcus aureus*

ตรวจวิเคราะห์หา *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ตามวิธีการของ BAM (2016) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง จำนวนตัวอย่างละ 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1 : 10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1 : 100, 1 : 1,000 และ 1 : 10,000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Baird parker ที่เติม Potassium tellurite ร้อยละ 1 และไข่แดง ปริมาตรจานละ 15 - 20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ แล้วใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว spread ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อจากนั้นนำไปเพาะเชื้อ โดยบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนโคโลนีของเชื้อ *S. aureus* ที่มีลักษณะกลมนูน สีดำเป็นมัน ผิวเรียบ ขอบขาว มีตะกอนขุ่นรอบ ๆ โคโลนี รายงานผลเฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนเชื้อ *S. aureus* ระหว่าง 30 - 300 โคโลนี รายงานในรูปแบบหน่วยเป็น log cfu/g ทำการทดสอบเพื่อยืนยันว่าเป็นเชื้อ *S. aureus* โดยวิธีการ slide coagulase test เป็นการทดสอบการสร้างเอนไซม์ coagulase test แบบ bound form โดยทำการหยด Rabbit plasma ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนสไลด์ที่ทำความสะอาดแล้ว จากนั้นเขี่ยเชื้อที่ต้องการทดสอบ 1 Loop ลงบนสไลด์ที่มีการหยด Rabbit plasma แล้ว ผสมให้เข้ากันแล้วทำการ smear สังเกตการเกิดเส้นใยบนสไลด์ ผลบวกจะพบการเกาะกลุ่ม (agglutination) ของเชื้อ ส่วนผลลบจะไม่มีการเกาะกลุ่ม

4) *Escherichia coli*

ตรวจวิเคราะห์หา *E. coli* ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ตามวิธีการของ AOAC (2006) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง จำนวนตัวอย่างละ 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1 : 10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1 : 100, 1 : 1,000 และ 1 : 10,000 เป็นต้น) ดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Chromocult agar สำหรับตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ *E. coli* แล้วใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว spread ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ ทำการเพาะเชื้อโดยบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง รายงานผลจำนวนเชื้อ *E. coli* เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30 - 300 โคโลนี โดยรายงานในรูปแบบหน่วยเป็น log cfu/g ทำการทดสอบเพื่อยืนยันว่าเป็นเชื้อ *E. coli* โดยการสุ่มโคโลนีสีม่วงน้ำเงินเขี่ยลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptophan Broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นหยดสารละลาย Kovac ปริมาตร 0.2 - 0.3 มิลลิลิตร หากผลเป็นบวกจะปรากฏสีแดงที่ส่วนบนของอาหาร Tryptophan Broth

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองที่ 1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำ 3 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS Version 16.0

การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสองกลุ่มการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลแบบ T-test โดยการใช้สถิติ Independent T-test ด้วยโปรแกรม SPSS Version 16.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน

การทดลองนี้ทำการศึกษาผลของกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มการทดลอง คือ 1) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร 2) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร 3) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร และ 4) กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร จากนั้นอบเป็นระยะเวลา 2, 3 และ 4 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 80 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.1 คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ

4.1.1.1 ผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำให้แห้ง

การศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า การเติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 ให้ค่าร้อยละของผลผลิตสูงกว่าที่ระดับร้อยละ 0 ($P<0.05$) และความหนาของชิ้นเนื้อที่ขนาด 1 เซนติเมตร มีค่าร้อยละของผลผลิตสูงกว่าที่ขนาด 0.75 เซนติเมตร ของทุกช่วงระยะเวลาการอบแห้ง ($P<0.05$) ในขณะเดียวกันพบว่า การอบเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ให้ค่าร้อยละของผลผลิตสูงที่สุด ในทุกความเข้มข้นของกลีเซอรอลและทุกขนาดความหนาของชิ้นเนื้อ ($P<0.05$) โดยที่กลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร เมื่ออบแห้งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าร้อยละของผลผลิตอยู่ที่ร้อยละ 60.04 และ 62.11 ตามลำดับ ในขณะที่กลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร เมื่ออบแห้งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าร้อยละของผลผลิตอยู่ที่ร้อยละ 56.42 และ 58.33 ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าการใช้กลีเซอรอล ขนาดความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบส่งผลต่อร้อยละของผลผลิตในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ดังรายงานของ Chen *et al*. (2000) Yang *et al*. (2009) และ Pagliaro and Rossi (2010) ที่ได้กล่าวถึงกลีเซอรอลไว้ว่า เป็นสารฮิวเมกแตนท์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ช่วยในการกักเก็บน้ำในเนื้อ มีคุณสมบัติในการจับกับน้ำได้ดีโดยสามารถดูดซึมหรือดูดซับความชื้นจากอากาศจึงผสมเข้ากับน้ำได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการอุ้มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากขึ้น ดังนั้นการเติมกลีเซอรอลจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักมากกว่ากลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Han *et al.* (2008) ที่รายงานว่า เมื่อเติมสารฮิวเมกแตนท์ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อสุกรในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นมีผลทำให้ร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้งสูงกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับ จันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง (2559) ที่ศึกษาการใช้สารฮิวเมกแตนท์ต่อคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อไก่ พบว่า การเติมกลีเซอรอลส่งผลดีต่อค่าร้อยละของผลผลิต โดยสามารถเพิ่มร้อยละผลผลิตให้กับผลิตภัณฑ์เจอร์กี้หลังการอบแห้งได้จากร้อยละ 42.25 เป็น 48.46

ตารางที่ 4.1 ค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำให้แห้ง (drying yield, %) ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ

ระยะเวลาการอบ	กลีเซอรอล 0%		กลีเซอรอล 10%	
	ความหนาของชิ้นเนื้อ		ความหนาของชิ้นเนื้อ	
	0.75 cm	1 cm	0.75 cm	1 cm
2 ชั่วโมง	$56.42 \pm 1.74^{c,A}$	$58.33 \pm 2.16^{b,A}$	$60.04 \pm 0.21^{b,A}$	$62.11 \pm 0.62^{a,A}$
3 ชั่วโมง	$54.88 \pm 2.06^{c,B}$	$56.30 \pm 1.44^{b,B}$	$57.91 \pm 0.83^{b,B}$	$60.61 \pm 0.64^{a,B}$
4 ชั่วโมง	$52.08 \pm 1.29^{c,C}$	$54.55 \pm 2.32^{b,C}$	$55.30 \pm 2.18^{b,C}$	$60.00 \pm 1.84^{a,C}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-c}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-C}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.1.1.2 ผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อค่าแรงเฉือน

การศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนหลังจากการอบแห้ง โดยการทดสอบค่าแรงเฉือนด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลทำให้ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนมีค่าแรงเฉือนลดลง ซึ่งแสดงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีค่าแรงเฉือนต่ำที่สุดเมื่ออบเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ($P<0.05$) โดยในระยะเวลาการอบที่ 2 ชั่วโมง กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 57.45 และ 62.40 นิวตัน ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 65.82 และ 70.89 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนในระยะเวลาการอบที่ 3 ชั่วโมง กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 71.27 และ 74.88 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 72.61 และ 78.26 นิวตัน ตามลำดับ และในระยะเวลาการอบที่ 4 ชั่วโมง กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 75.40 และ 78.42 นิวตัน ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 79.23 และ 83.46 นิวตัน ตามลำดับ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระยะเวลาการอบที่น้อยกว่าส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้มีความนุ่มมากขึ้น ชี้ให้เห็นว่าค่าแรงเฉือนมีความสอดคล้องกับปริมาณความชื้น ตามที่ คมแข พิลาสมบัติ และคณะ (2557) กล่าวไว้ว่า หากผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นที่สูงขึ้นจะส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีลักษณะที่นุ่มขึ้นเช่นกัน สอดคล้องกับการรายงานของ Kim *et al.* (1989) ที่กล่าวว่าปริมาณความชื้นและความเข้มข้นของกลีเซอรอลนั้นสามารถช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ Chen *et al.* (2000) รายงานว่ากลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการช่วยจับน้ำในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง ซึ่งพบว่าการเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 และ 9 สามารถช่วยในการปรับปรุงคุณภาพด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคได้ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Sorapukdee *et al.* (2016) ที่มีการศึกษาการใช้กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อไก่ พบว่ามีค่าแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับ Pilasombut *et al.* (2019) ที่ศึกษาการใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้แหนมเนื้อสุกรพบว่า กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีผลทำให้ค่าแรงเฉือนลดลง ทั้งนี้ Barret *et al.* (1998) กล่าวว่า กลีเซอรอลเป็นสารที่ช่วยป้องกันไม่ให้อาหารแห้ง และทำให้เกิดความยืดหยุ่นกับโครงข่ายของโปรตีน โดยข้อมูลเพิ่มเติมของ Iseya *et al.* (2000) ได้รายงานว่า การใช้สารฮิวเมกแตนท์สามารถเพิ่มความคงตัวจากการเสียสภาพของโปรตีนระหว่างการอบแห้งในเนื้อปลาได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่แข็ง

ตารางที่ 4.2 ค่าแรงเฉือน (shear force, N) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ

ระยะเวลาการอบ	กลีเซอรอล 0%		กลีเซอรอล 10%	
	ความหนาของชิ้นเนื้อ		ความหนาของชิ้นเนื้อ	
	0.75 cm	1 cm	0.75 cm	1 cm
2 ชั่วโมง	$65.82 \pm 1.13^{b,C}$	$70.89 \pm 0.87^{a,C}$	$57.45 \pm 0.49^{c,C}$	$62.40 \pm 0.90^{b,C}$
3 ชั่วโมง	$72.61 \pm 0.80^{b,B}$	$78.26 \pm 0.62^{a,B}$	$71.27 \pm 0.90^{c,B}$	$74.88 \pm 0.98^{b,B}$
4 ชั่วโมง	$79.23 \pm 0.75^{b,A}$	$83.46 \pm 1.21^{a,A}$	$75.40 \pm 0.89^{c,A}$	$78.42 \pm 0.61^{b,A}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-c}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-C}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3 ผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อค่าความสว่าง (lightness, L*) ค่าสีแดง (redness, a*) และค่าสีเหลือง (yellowness, b*)

การศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนหลังจากการอบแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จากผลการทดลองพบว่า ค่าสีในทุกลักษณะที่ศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกันที่ระยะเวลาการอบ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะเดียวกันค่าความสว่างและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ เมื่ออบเป็นระยะเวลา 2, 3 และ 4 ชั่วโมง พบว่า ทั้งกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ขนาดความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร และกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ขนาดความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าสีแดงเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มการทดลองพบว่า ที่ระยะเวลาการอบ 2 และ 3 ชั่วโมง กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร และกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีค่าสีแดงสูงกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในระยะเวลาการอบที่ 2 ชั่วโมง กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร และกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีค่าสีแดงเท่ากับ 2.40 และ 1.97 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าสีแดงเท่ากับ 1.33 ส่วนในระยะเวลาการอบที่ 3 ชั่วโมง กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร และกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีค่าสีแดงเท่ากับ 2.28 และ 2.46 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าสีแดงเท่ากับ 1.36 จากนั้นเมื่อระยะเวลาการอบเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 4 พบว่า กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร และกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีค่าสีแดงเท่ากับ 2.02 และ 1.94 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าสีแดงเท่ากับ 2.15

โดยจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การเติมกลีเซอรอลลงไปในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนส่งผลต่อค่าสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง (2559) ที่ศึกษาการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 และ 15 และซอร์บิทอลร้อยละ 10 และ 15 ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อไก่ พบว่า กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลร้อยละ 15 มีค่าสีแดงมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ เช่นเดียวกับการรายงานของ Kim *et al.* (2010a) ที่กล่าวว่า เมื่อเติมกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 5 ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อสุกร ส่งผลให้มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เติมกลีเซอรอล นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Barret *et al.* (1998) ที่ศึกษาการใช้สารฮิวเมกแตนท์ในผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจอร์กี้เนื้อโค กล่าวว่า เนื้อโคมีลักษณะสีของเนื้อที่เข้ม การเติมกลีเซอรอลลงไปจึงช่วยเพิ่มค่าสีแดงและค่าความสว่างได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นขัดแย้งกับการรายงานของ ธนาภา เชตะวัน (2559) ที่ศึกษาการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 5 และ 10 ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อสุกรกึ่งแห้ง พบว่า การเติมกลีเซอรอลในระดับที่สูงขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อสุกรกึ่งแห้งต้องผ่านขั้นตอนการหมักก่อนที่จะนำไปอบแห้ง จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ อีกทั้งกรดที่เกิดขึ้นอาจส่งผลต่อลักษณะค่าสีที่แตกต่างกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาการอบ	กลีเซอรอล 0%		กลีเซอรอล 10%	
		ความหนาของชิ้นเนื้อ		ความหนาของชิ้นเนื้อ	
		0.75 cm	1 cm	0.75 cm	1 cm
ค่าความสว่าง (L*)	2 ชั่วโมง	$20.15 \pm 0.41^{a,A}$	$21.83 \pm 1.73^{a,A}$	$20.97 \pm 0.70^{a,A}$	$20.74 \pm 0.88^{a,A}$
	3 ชั่วโมง	$20.24 \pm 1.34^{a,A}$	$20.99 \pm 0.57^{a,A}$	$21.16 \pm 0.91^{a,A}$	$20.82 \pm 1.03^{a,A}$
	4 ชั่วโมง	$20.84 \pm 0.29^{a,A}$	$20.31 \pm 0.80^{a,A}$	$19.81 \pm 1.36^{a,A}$	$20.79 \pm 0.87^{a,A}$
ค่าสีแดง (a*)	2 ชั่วโมง	$1.63 \pm 0.64^{ab,A}$	$2.40 \pm 0.77^{a,A}$	$1.97 \pm 0.24^{a,A}$	$1.33 \pm 0.41^{b,A}$
	3 ชั่วโมง	$1.84 \pm 0.06^{ab,A}$	$2.28 \pm 0.61^{a,A}$	$2.46 \pm 0.13^{a,A}$	$1.36 \pm 0.27^{b,A}$
	4 ชั่วโมง	$2.06 \pm 0.23^{ab,A}$	$2.02 \pm 0.19^{b,A}$	$1.94 \pm 0.08^{b,A}$	$2.15 \pm 0.46^{a,A}$
ค่าสีเหลือง (b*)	2 ชั่วโมง	$4.03 \pm 1.19^{a,A}$	$3.63 \pm 1.37^{a,A}$	$2.64 \pm 0.24^{a,A}$	$1.44 \pm 1.00^{a,A}$
	3 ชั่วโมง	$2.19 \pm 0.27^{a,A}$	$3.20 \pm 1.45^{a,A}$	$2.92 \pm 0.37^{a,A}$	$2.23 \pm 0.42^{a,A}$
	4 ชั่วโมง	$2.21 \pm 0.24^{a,A}$	$1.93 \pm 0.24^{a,A}$	$2.46 \pm 0.07^{a,A}$	$2.63 \pm 0.76^{a,A}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-b}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A} คือ ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.1.1.4 ผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle)

การศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อค่าความสดใส และค่าองศาของสีในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนหลังจากการอบแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาค่าความสดใสพบว่า เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการอบ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองพบว่า ในระยะเวลาการอบที่ 2 และ 3 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าความสดใสมากกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในระยะเวลาการอบที่ 2 และ 3 ชั่วโมง กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าความสดใสเท่ากับ 4.36 และ 3.95 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าความสดใสเท่ากับ 1.99 และ 2.58 ตามลำดับ แต่เมื่อระยะเวลาการอบเพิ่มขึ้นกลับทำให้ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าความสดใสต่ำกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร ($P<0.05$) โดยในระยะเวลาการอบที่ 4 ชั่วโมง กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าความสดใสเท่ากับ 2.79 ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าความสดใสเท่ากับ 3.41

โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กลีเซอรอลมีผลต่อค่าความสดใสเมื่อระยะเวลาการอบเพิ่มขึ้น ดังที่ Teixeira *et al.* (2011) ได้กล่าวว่า เนื้อสัตว์ที่ผ่านกระบวนการทำให้แห้งด้วยลมร้อนส่งผลต่อการลดลงของค่าความสดใส ซึ่งค่าความสดใสบ่งบอกถึงลักษณะสีในผลิตภัณฑ์ โดยค่าที่เข้าใกล้ 0 หมายถึง ผลิตภัณฑ์มีสีซีด และค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึง ผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม ทั้งนี้มีการรายงานของ จันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง (2559) กล่าวว่า ค่าความสดใสเกี่ยวข้องกับค่าความชื้น โดยเมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นสูงขึ้นส่งผลต่อการลดลงของค่าความสดใส นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าความสดใสมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่าสีแดง ซึ่งจากผลการทดลองในค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดงเพิ่มขึ้นในชั่วโมงการอบสุดท้าย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความสดใสดังผลการทดลองข้างต้น จึงอาจเป็นไปได้ว่า เมื่อระยะเวลาการอบนานขึ้นส่งผลให้ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลมีค่าความสดใสเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ในด้านค่าองศาของสี จากผลการทดลองพบว่า ในชั่วโมงการอบที่ 2 กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีค่าองศาของสีสูงกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีค่าองศาของสีเท่ากับ 57.73 ในขณะที่กลุ่มที่เติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 46.82 และเมื่ออบเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร กลับมีค่าองศาของสีต่ำกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีค่าองศาของสีเท่ากับ 49.71 ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 55.15 ส่วนชั่วโมงการอบที่ 4 กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีค่าองศาของสีเท่ากับ 53.53 ในขณะที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 43.66 และเมื่อพิจารณาในด้านระยะเวลาการอบพบว่า ทั้งกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 และ 10 เมื่ออบเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าองศาของสีสูงกว่าการอบที่ 3 และ 4 ชั่วโมง ($P<0.05$) กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาการอบนานขึ้น ค่าองศาของสีมีแนวโน้มลดลง

โดย Sherwin and Labuza (2003) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของสีในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้อาจเป็นผลมาจากอุณหภูมิในการอบ ทั้งนี้สำหรับค่าองศาของสีนั้นบ่งบอกถึงลักษณะเฉดสีในผลิตภัณฑ์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 360 และในแต่ละองศาของสีมีค่าแตกต่างกัน (ภาคผนวก ค) จากการศึกษาของ จันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง (2559) กล่าวว่า ค่าองศาของสีมีความสัมพันธ์กับค่าสีแดงและค่าสีเหลืองในทิศทางตรงกันข้าม โดยเมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้นจะทำให้มีค่าองศาของสีลดลง ซึ่งจากผลการทดลองสำหรับค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาการอบเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลมีค่าสีแดงเพิ่มสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าองศาของสีในทิศทางตรงกันข้ามดังผลการทดลองข้างต้น โดยเมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่าองศาของสีลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน จากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาการอบ	กลีเซอรอล 0%		กลีเซอรอล 10%	
		ความหนาของชิ้นเนื้อ		ความหนาของชิ้นเนื้อ	
		0.75 cm	1 cm	0.75 cm	1 cm
ค่าความสดใส (chroma)	2 ชั่วโมง	$2.76 \pm 1.35^{ab,A}$	$4.36 \pm 1.56^{a,A}$	$3.30 \pm 0.34^{ab,A}$	$1.99 \pm 1.01^{b,A}$
	3 ชั่วโมง	$2.86 \pm 0.25^{ab,A}$	$3.95 \pm 1.53^{a,A}$	$3.83 \pm 0.28^{ab,A}$	$2.58 \pm 0.45^{b,A}$
	4 ชั่วโมง	$2.95 \pm 0.31^{ab,A}$	$2.79 \pm 0.31^{b,A}$	$3.14 \pm 0.01^{ab,A}$	$3.41 \pm 0.84^{a,A}$
ค่าองศาของสี (hue angle)	2 ชั่วโมง	$57.73 \pm 1.13^{a,A}$	$56.31 \pm 2.67^{ab,A}$	$53.17 \pm 1.21^{ab,A}$	$46.82 \pm 1.10^{b,B}$
	3 ชั่วโมง	$49.71 \pm 2.74^{b,B}$	$51.89 \pm 2.33^{ab,B}$	$50.83 \pm 2.65^{ab,B}$	$55.15 \pm 1.43^{a,A}$
	4 ชั่วโมง	$53.53 \pm 2.29^{a,B}$	$43.66 \pm 1.00^{b,B}$	$51.89 \pm 1.91^{ab,B}$	$53.48 \pm 0.24^{ab,A}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-b}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-B}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.1.1.5 ผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w)

การศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อค่า a_w ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนหลังการอบแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่มการทดลองพบว่า กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร ของทุกช่วงระยะเวลาการอบมีค่า a_w ต่ำที่สุด ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.70, 0.69 และ 0.64 ในระยะเวลาการอบที่ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 0.74, 0.72 และ 0.67 ในระยะเวลาการอบที่ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีค่า a_w เท่ากับ 0.75, 0.73 และ 0.67 ในระยะเวลาการอบที่ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 0.80, 0.76 และ 0.72 ในระยะเวลาการอบที่ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกันในด้านระยะเวลาการอบพบว่า การอบที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ของทุกกลุ่มการทดลองมีค่า a_w ต่ำที่สุด ($P<0.05$)

โดยจากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่า ในทุกกลุ่มการทดลองภายหลังกระบวนการอบแห้งนั้นมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.85 ซึ่งเป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2549) ที่ได้ตั้งข้อกำหนดในการผลิตเนื้อแห้งไว้ว่า ต้องมีค่า a_w ไม่เกิน 0.85 เช่นเดียวกับ USDA-FSIS (2015) ซึ่งเป็นหน่วยบริการตรวจสอบด้านความปลอดภัยของอาหาร กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา ที่ได้มีการกำหนดเกณฑ์ไว้ว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ไม่ควรมีค่า a_w เกิน 0.85 ซึ่งค่า a_w นั้นบ่งบอกถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ โดย Ingham *et al.* (2006) กล่าวว่าค่า a_w ที่ต่ำสามารถช่วยควบคุมการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคที่สามารถเจริญได้ในผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทานที่บรรจุสุญญากาศ และควรมีค่า a_w สูงสุดได้ไม่เกิน 0.87 เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียกลุ่มที่ก่อโรคไม่สามารถเจริญได้ โดยในแง่ของการศึกษาวิจัยได้มีการศึกษาการลดค่า a_w ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ โดยงานวิจัยของ Chen *et al.* (2014) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อกวางพบว่า กลีเซอรอลส่งผลดีในด้านการลดค่า a_w ได้มากกว่าซอร์บิทอล ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Pilasombut *et al.* (2019) ที่ศึกษาคุณภาพด้านเคมี-กายภาพโดยการใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้แหนมเนื้อสุกรพบว่า กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 สามารถลดค่า a_w ได้จาก 0.749 เป็น 0.602 ทั้งนี้ Chen (1987) และ Cauvain and Young (2000) รายงานว่า เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารประกอบ polyhydroxy alcohol ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลมาก จึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้มาก อีกทั้ง ปิยะนุช คันโธ (2545) ยังกล่าวว่า กลีเซอรอลมีลักษณะเป็นของเหลวที่ละลายในน้ำได้ จึงผสมเข้ากับส่วนผสมอื่น ๆ ได้ดี ทำให้หมักกับเนื้อสัตว์ได้ทั่วถึง ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพในการลดค่า a_w ได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, a_w) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ

ระยะเวลาการอบ	กลีเซอรอล 0%		กลีเซอรอล 10%	
	ความหนาของชิ้นเนื้อ		ความหนาของชิ้นเนื้อ	
	0.75 cm	1 cm	0.75 cm	1 cm
2 ชั่วโมง	$0.75 \pm 0.01^{b,A}$	$0.80 \pm 0.01^{a,A}$	$0.70 \pm 0.00^{c,A}$	$0.74 \pm 0.01^{b,A}$
3 ชั่วโมง	$0.73 \pm 0.01^{b,B}$	$0.76 \pm 0.03^{a,B}$	$0.69 \pm 0.01^{c,B}$	$0.72 \pm 0.01^{b,B}$
4 ชั่วโมง	$0.67 \pm 0.02^{b,C}$	$0.72 \pm 0.02^{a,C}$	$0.64 \pm 0.03^{c,C}$	$0.67 \pm 0.01^{b,C}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-c}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-C}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.1.1.6 ผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อปริมาณความชื้น

การศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนหลังการอบแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่มการทดลองพบว่า กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร ของทุกช่วงระยะเวลาการอบมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ($P<0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 20.16, 19.35 และ 17.11 ในระยะเวลาการอบที่ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีความชื้นร้อยละ 24.21, 22.26 และ 19.07 ในระยะเวลาการอบที่ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร มีปริมาณความชื้นร้อยละ 23.98, 20.66 และ 18.30 ในระยะเวลาการอบที่ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร มีความชื้นร้อยละ 25.59, 22.92 และ 19.73 ในระยะเวลาการอบที่ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบในด้านของระยะเวลาการอบพบว่า การอบที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ของทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ($P<0.05$) ซึ่งปริมาณความชื้นตามมาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ จากข้อกำหนดของหน่วยบริการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหาร กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา USDA-FSIS (2014) กำหนดให้มีค่าความชื้นค่อนข้างต่ำ ซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 25 - 30

โดยจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การเติมกลีเซอรอลส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล ผลการทดลองดังกล่าวขัดแย้งกับการรายงานของ ธนาภา เชตะวัน (2559) ที่ศึกษาการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 5 และ 10 ในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อสุกรกึ่งแห้ง พบว่าการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ทำให้ปริมาณความชื้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม ทั้งนี้อาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องมาจากกระบวนการหมักแหนมที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากในกลุ่มควบคุม แต่ในกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลสามารถช่วยรักษาความชุ่มชื้นให้กับผลิตภัณฑ์ไว้ได้ตามที่ Yang *et al.* (2009) กล่าวว่า กลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการจับกับน้ำได้ดี เป็นสารเก็บความชุ่มชื้น (humectant) ป้องกันไม่ให้อาหารแห้ง และช่วยลดค่า a_w ซึ่ง FSSS (2011) กล่าวว่า โดยปกติปริมาณความชื้นกับค่า a_w ในผลิตภัณฑ์จะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้า a_w ต่ำ ปริมาณความชื้นก็จะต่ำ ดังนั้น การเติมกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจึงส่งผลให้มีความชื้นลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Chen *et al.* (2000) ที่ศึกษาการเติมกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 3, 6 และ 9 ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อสุกรพบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น โดยกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 9 มีผลทำให้ปริมาณความชื้นลดลงต่ำกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sorapukdee *et al.* (2016) ที่ทำการศึกษาคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อไก่พบว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 15 มีค่าความชื้นต่ำกว่ากลุ่มควบคุม เมื่ออบแห้งเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง นอกจากนี้ผลการทดลองในตารางแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาการอบที่มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้มีความชื้นต่ำลงซึ่งเป็นผลมาจากการอบแห้ง โดย คมแข พิลาสมบัติ และคณะ (2558) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เกิดจากการใช้ความร้อนในการอบแห้งเพื่อลดความชื้น ซึ่งระยะเวลาการอบแห้งที่นานขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีการระเหยน้ำออกเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ความชื้นที่ได้อยู่ในปริมาณที่ต่ำลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.6 ปริมาณความชื้น (moisture, %) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบแห้งต่าง ๆ

ระยะเวลาการอบ	กลีเซอรอล 0%		กลีเซอรอล 10%	
	ความหนาของชิ้นเนื้อ		ความหนาของชิ้นเนื้อ	
	0.75 cm	1 cm	0.75 cm	1 cm
2 ชั่วโมง	$23.98 \pm 0.50^{c,A}$	$25.59 \pm 0.41^{a,A}$	$20.16 \pm 0.50^{d,A}$	$24.21 \pm 0.44^{b,A}$
3 ชั่วโมง	$20.66 \pm 0.20^{c,B}$	$22.92 \pm 0.82^{a,B}$	$19.35 \pm 0.68^{d,B}$	$22.26 \pm 0.63^{b,B}$
4 ชั่วโมง	$18.30 \pm 0.23^{c,C}$	$19.73 \pm 0.36^{a,C}$	$17.11 \pm 0.44^{d,C}$	$19.07 \pm 0.66^{b,C}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-d}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-C}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการทดลองที่ 1 พบว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนที่มีคุณภาพทางเคมี-กายภาพที่ดีและมีสภาวะการผลิตที่เหมาะสมคือ เจอร์กี้ที่มีการเติมกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ขนาดความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร และอบเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากได้มีการพิจารณาในหลาย ๆ องค์ประกอบพบว่า การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีร้อยละของผลผลิตสูงขึ้น และลดค่าแรงเฉือนทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น อีกทั้งส่งผลให้ค่า a_w และปริมาณความชื้นต่ำลง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด จึงเลือกมาทำการศึกษาในการทดลองที่ 2 โดยศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลที่ความเข้มข้น 2 ระดับ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่มการทดลองคือ กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 โดยมีขนาดความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร และอบแห้งเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน เมื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 คุณภาพทางด้านกายภาพ

4.2.1.1 ผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำให้แห้ง

การศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน ดังแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่า ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 10 ส่งผลทำให้ค่าร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 10 มีค่าร้อยละของผลผลิตอยู่ที่ร้อยละ 53.72 และ 58.39 ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าการใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีร้อยละของผลผลิตที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pilasombut *et al*. (2019) พบว่าการใช้กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้แหนมเนื้อสุกรมีค่าร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 35.14 เป็น 40.77 ซึ่งผลที่ได้เนื่องมาจากคุณสมบัติในการดูดจับน้ำของกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ โดย Quispe *et al*. (2013) กล่าวถึงลักษณะของกลีเซอรอลไว้ว่าเป็นของเหลวใสที่มีความดันไอต่ำ ซึ่งเป็นผลทำให้มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ดังนั้นการเติมกลีเซอรอลในกระบวนการผลิตเจอร์กี้เนื้อโคขุนจึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำที่สูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้หลังการอบแห้งมีร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละของผลผลิตหลังการทำแห้ง (drying yield, %) ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล

ปริมาณกลีเซอรอล	ร้อยละของผลผลิต (%)
0%	53.72 ± 2.39^{B}
10%	58.39 ± 1.14^{A}

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{A-B}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.1.2 ผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนในระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 58.52, 55.23, 53.91 และ 52.06 นิวตัน ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 67.98, 65.93, 62.41 และ 59.46 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลทั้งสองความเข้มข้นนั้นมีค่าลดลง โดยพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 3 เดือน มีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าเดือนแรกของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การเติมกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนส่งผลให้มีค่าแรงเฉือนลดลง ซึ่งบ่งบอกถึงลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น โดยจากการศึกษาของธารทิพย์ หังสพฤกษ์ (2544) ได้พัฒนาฟิล์มบริโภคจากแป้งบุก กล่าวว่า กลีเซอรอลถือเป็นพลาสติกไซเซอร์ (plasticizers) ชนิดหนึ่งที่ช่วยลดค่าการต้านแรงดึงลง โดยการเข้าไปแทรกในโครงสร้างภายในของแป้งบุกทำให้ความแข็งแรงของฟิล์มลดลง จึงมีความสามารถในการแพร่ผ่านของไอน้ำได้เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณพลาสติกไซเซอร์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การศึกษาของ Chen *et al*. (2000) รายงานว่า เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการดูดจับน้ำในผลิตภัณฑ์ จึงมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยมีการศึกษาพบว่า การเติมกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อสุกรที่ความเข้มข้นร้อยละ 9 ส่งผลต่อค่าแรงเฉือนที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บรักษายังมีผลต่อการลดลงของค่าแรงเฉือนในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน โดยจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้มีความนุ่มมากขึ้น เนื่องจากการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้มีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ดังรายงานของ Farouk and Swan (1999) กล่าวว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้นั้นเป็นผลมาจากปริมาณความชื้น เมื่อมีความชื้นแสดงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่มีน้ำในผลิตภัณฑ์ จึงส่งผลให้มีค่าแรงเฉือนต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ คมแข พิลาสมบัติ และคณะ (2557) ที่รายงานว่า ค่าแรงเฉือนมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้น โดยหากผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (shear force, N) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล

ปริมาณกลีเซอรอล	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)			
	0	1	2	3
0%	$67.98 \pm 0.82^{a,A}$	$65.93 \pm 0.94^{b,A}$	$62.41 \pm 0.80^{c,A}$	$59.46 \pm 0.57^{d,A}$
10%	$58.52 \pm 0.60^{a,B}$	$55.23 \pm 0.88^{b,B}$	$53.91 \pm 0.64^{c,B}$	$52.06 \pm 0.62^{d,B}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-d}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-B}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.1.3 ผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (lightness, L*) ค่าสีแดง (redness, a*) ค่าสีเหลือง (yellowness, b*) ค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle) ในระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.9 จากผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 และ 10 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง และค่าความสดใส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งสามเดือน ส่วนค่าองศาของสี เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มการทดลองพบว่า ในเดือนที่ 0 - 2 ของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 มีค่าองศาของสีสูงกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในเดือนที่ 0, 1 และ 2 กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 มีค่าองศาของสีเท่ากับ 55.83, 53.84 และ 49.52 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าองศาของสีเท่ากับ 52.44, 46.58 และ 45.56 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงทั้งสองกลุ่มการทดลองมีโทนสีของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงสีส้มแดงถึงสีเหลือง แต่เมื่อเดือนที่ 3 กลับพบว่า กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 มีค่าองศาของสีต่ำกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในเดือนที่ 3 กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 มีค่าองศาของสีเท่ากับ 43.86 ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่าองศาของสีเท่ากับ 44.06 ซึ่งหมายถึงทั้งสองกลุ่มการทดลองมีโทนสีของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเติมกลีเซอรอลส่งผลให้ค่าองศาของสีในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอลในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา และเมื่อเปรียบเทียบค่าองศาของสีในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 และ 10 มีการเปลี่ยนแปลงค่าองศาของสีในเดือนที่ 0, 1, 2 และ 3 ของการเก็บรักษาโดยมีค่าลดลงจากเดือนแรกมาก ($P<0.05$) จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลให้ค่าองศาของสีลดลง ซึ่งค่าองศาของสีคือค่าที่บ่งบอกลักษณะของเฉดสี มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 360 โดยแต่ละองศาของสีมีค่าแตกต่างกัน (ภาคผนวก ค) จากผลการทดลองสอดคล้องกับการรายงานของ Bowser *et al.* (2014) ที่กล่าวว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีผลต่อการลดลงขององค่าองศาของสี อีกทั้งการรายงานของ จันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง (2559) ยังกล่าวว่า ลักษณะที่ซีดลงของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อไก่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีค่าองศาของสีลดลงในระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับ Mcguire (1992) ได้รายงานว่า ค่าองศาของสีจะมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Silva *et al.* (2018) ที่ได้ศึกษาลักษณะของสีในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อไก่ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นขององค่าองศาของสีในระหว่างวันที่ 1 - 30 ของการเก็บรักษา และในขณะเดียวกันพบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงลดลงด้วยเช่นกัน โดย Richards (2010) และ Vieira *et al.* (2017) กล่าวว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเสื่อมสภาพของสีในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อไก่ ซึ่งส่งผลกระทบต่อเม็ดสีไมโอโกลบินโดยเป็นผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่เก็บรักษาเป็นเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าความสดใส (chroma) และค่าองศาของสี (hue angle) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล

ลักษณะที่ศึกษา	ปริมาณกลีเซอรอล	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)			
		0	1	2	3
ค่าความสว่าง	0%	$18.71 \pm 2.85^{a,A}$	$17.67 \pm 1.29^{a,A}$	$18.70 \pm 0.50^{a,A}$	$19.03 \pm 1.13^{a,A}$
(L*)	10%	$20.27 \pm 2.50^{a,A}$	$18.66 \pm 0.59^{a,A}$	$18.31 \pm 0.73^{a,A}$	$18.76 \pm 0.95^{a,A}$
ค่าสีแดง	0%	$2.22 \pm 0.77^{a,A}$	$2.36 \pm 0.48^{a,A}$	$2.52 \pm 0.49^{a,A}$	$2.61 \pm 0.40^{a,A}$
(a*)	10%	$2.70 \pm 0.86^{a,A}$	$2.83 \pm 0.37^{a,A}$	$2.49 \pm 0.49^{a,A}$	$3.22 \pm 1.74^{a,A}$
ค่าสีเหลือง	0%	$3.34 \pm 1.61^{a,A}$	$4.08 \pm 1.39^{a,A}$	$2.96 \pm 0.94^{a,A}$	$2.78 \pm 0.78^{a,A}$
(b*)	10%	$3.54 \pm 1.21^{a,A}$	$3.11 \pm 0.56^{a,A}$	$2.69 \pm 0.54^{a,A}$	$3.17 \pm 1.11^{a,A}$
ค่าความสดใส	0%	$4.11 \pm 1.70^{a,A}$	$4.08 \pm 1.08^{a,A}$	$3.98 \pm 0.97^{a,A}$	$3.83 \pm 0.82^{a,A}$
(chroma)	10%	$4.47 \pm 1.49^{a,A}$	$4.22 \pm 0.65^{a,A}$	$3.68 \pm 0.65^{a,A}$	$4.54 \pm 2.01^{a,A}$
ค่าองศาของสี	0%	$55.83 \pm 2.92^{a,A}$	$53.84 \pm 2.56^{ab,A}$	$49.52 \pm 1.58^{b,A}$	$43.86 \pm 1.49^{c,B}$
(hue angle)	10%	$52.44 \pm 1.28^{a,B}$	$46.58 \pm 1.93^{ab,B}$	$45.56 \pm 2.24^{b,B}$	$44.06 \pm 2.96^{c,A}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-c}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-B}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.2 คุณภาพทางด้านเคมี

4.2.2.1 ผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) ในระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.10 จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองพบว่า การเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีค่า a_w ต่ำกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 และ 10 มีการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 0, 1, 2 และ 3 เดือน โดยมีค่า a_w เพิ่มขึ้นเมื่อการเก็บรักษานานขึ้น ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีค่า a_w เท่ากับ 0.71, 0.73, 0.74 และ 0.78 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีค่า a_w เท่ากับ 0.76, 0.78, 0.79 และ 0.80 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเติมกลีเซอรอลสามารถลดค่า a_w ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนได้ ซึ่งค่า a_w ที่ลดต่ำลงส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดย Daigle (2005) ได้กล่าวไว้ว่า หากผลิตภัณฑ์เจอร์กี้มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.70 จะสามารถควบคุมการเจริญของราได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น เช่นเดียวกับ Barrett *et al.* (1998) ที่กล่าวว่า ราเป็นจุลินทรีย์ที่มักพบในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง และเมื่อมีการเก็บรักษาเป็นระยะเวลาที่นานขึ้นพบว่าผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนมีค่า a_w สูงขึ้น อาจเนื่องมาจากอากาศที่หลงเหลือภายในบรรจุภัณฑ์จากการบรรจุแบบปิดผนึกด้วยความร้อน ภายในมีซองวัตถุดูดซับออกซิเจน ทั้งนี้ในการศึกษาของ ธนาภา เชตะวัน (2559) ได้รายงานว่าการบรรจุผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อสุกรกึ่งแห้ง ในบรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศ ภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจนมีค่า a_w เพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับ จันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง (2559) ที่กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อไก่ที่บรรจุในลักษณะเดียวกันนั้นมีค่า a_w เพิ่มขึ้นในวันที่ 45 - 90 ของการเก็บรักษา อีกทั้ง Presswood (2012) กล่าวว่า ค่า a_w สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้โดยอากาศในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า ค่า a_w ที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน มีค่าไม่เกิน 0.85 ซึ่งถือว่าเป็นไปตามมาตรฐานที่หน่วยบริการตรวจสอบด้านความปลอดภัยของอาหาร กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา USDA-FSIS (2015) ได้กำหนดเกณฑ์สำหรับเนื้อสัตว์อบแห้งพร้อมรับประทาน (ready to eat) ไว้ว่า ไม่ควรมีค่า a_w มากกว่า 0.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, a_w) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล

ปริมาณกลีเซอรอล	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)			
	0	1	2	3
0%	$0.76 \pm 0.00^{d,A}$	$0.78 \pm 0.01^{c,A}$	$0.79 \pm 0.00^{b,A}$	$0.80 \pm 0.00^{a,A}$
10%	$0.71 \pm 0.01^{d,B}$	$0.73 \pm 0.01^{c,B}$	$0.74 \pm 0.01^{b,B}$	$0.78 \pm 0.00^{a,B}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-d}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-B}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.2.2 ผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองพบว่า ในการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีปริมาณความชื้นต่ำกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า ในผลิตภัณฑ์ทั้งกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 และ 10 มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาทั้ง 0, 1, 2 และ 3 เดือน โดยมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีการเก็บรักษานานขึ้น ($P<0.05$) เช่นเดียวกับค่า a_w โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 21.70, 24.50, 26.54 และ 28.05 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 24.46, 27.92, 29.01 และ 31.40 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ทำให้ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนมีปริมาณความชื้นต่ำลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Barrett *et al.* (1998) ที่กล่าวว่า ค่าความชื้นมีผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่า a_w เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นและควบคุมค่า a_w ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโค ซึ่งปริมาณความชื้นที่ต่ำส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดย ประภาศรี เทพรักษา และคณะ (2550) กล่าวว่า ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้มีความชื้นที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yang *et al.* (2009) ที่กล่าวว่า ปริมาณความชื้นเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ โดยพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นที่สูงขึ้นในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้หลังจากเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษา 1 เดือน นอกจากนี้มีรายงานของ Presswood (2012) กล่าวว่า ในระหว่างการเก็บรักษา สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w และปริมาณความชื้นขึ้นได้ด้วยอากาศ ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่า a_w

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (moisture, %) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล

ปริมาณกลีเซอรอล	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)			
	0	1	2	3
0%	$24.46 \pm 0.22^{d,A}$	$27.92 \pm 0.36^{c,A}$	$29.01 \pm 0.71^{b,A}$	$31.40 \pm 0.81^{a,A}$
10%	$21.70 \pm 0.35^{d,B}$	$24.50 \pm 0.22^{c,B}$	$26.54 \pm 0.56^{b,B}$	$28.05 \pm 0.85^{a,B}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-d}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-B}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.2.3 ผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชันของไขมัน โดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ในระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.12 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองพบว่า ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 1, 2 และ 3 เดือน ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 และ 10 มีค่า TBARS ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 และ 10 มีการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 0, 1, 2 และ 3 เดือน ซึ่งพบว่าในช่วงเดือนที่ 1 - 2 ของการเก็บรักษา ค่า TBARS มีค่าคงที่ หลังจากนั้นในเดือนที่ 3 มีค่าลดลงมากจากเดือนแรก ($P<0.05$) โดยที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีค่า TBARS เท่ากับ 0.47, 0.31, 0.33 และ 0.23 mg MDA/kg sample ตามลำดับ ในขณะเดียวกัน กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีค่า TBARS เท่ากับ 0.48, 0.32, 0.24 และ 0.23 mg MDA/kg sample ตามลำดับ ซึ่ง Chen *et al.* (2000) กล่าวว่า ค่า TBARS เป็นตัวบ่งชี้ระดับในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่า TBARS ลดลงเมื่อผลิตภัณฑ์มีการเก็บรักษานานขึ้น ผลดังกล่าวอาจเกิดจากผลิตภัณฑ์มีการเติมเครื่องเทศที่ช่วยในการควบคุมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเดชันของไขมันและการหืนในผลิตภัณฑ์ โดย Chomsawan *et al.* (2017) กล่าวว่า เครื่องเทศและสมุนไพรจัดเป็นสารที่ทำหน้าที่ในการป้องกันการออกซิเดชันของไขมันทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้ นอกจากนี้มีการศึกษาของ ธนาภา เชตะวัน (2559) ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อสุกรกึ่งแห้งพบว่า ในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีค่า TBARS ลดลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการออกซิเดชันของไขมัน โดย Pearson *et al.* (1982) รายงานว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดสารประกอบ เช่น มาลอนไดแอลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ซึ่งเป็นสารที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารประกอบชนิดอื่นได้จากปัจจัยของการเก็บรักษา ทั้งนี้ Aday and Caner (2013) กล่าวว่า การใช้วัตถุดูดซับออกซิเจนอาจเป็นตัวช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากสามารถดูดซับออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ ซึ่งการทดลองในครั้งนี้บรรจุผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนแบบปิดผนึกด้วยความร้อน ภายในมีซองวัตถุดูดซับออกซิเจน จึงอาจเป็นผลทำให้ค่า TBARS ลดลง

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARS, mg MDA/kg sample) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล

ปริมาณกลีเซอรอล	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)			
	0	1	2	3
0%	$0.47 \pm 0.02^{a,A}$	$0.31 \pm 0.02^{b,A}$	$0.33 \pm 0.00^{bc,A}$	$0.23 \pm 0.00^{c,A}$
10%	$0.48 \pm 0.01^{a,A}$	$0.32 \pm 0.01^{b,A}$	$0.24 \pm 0.00^{bc,A}$	$0.23 \pm 0.02^{c,A}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-c}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A} คือ ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.2.3 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

4.2.3.1 ผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์รวม (Total plat count) ในระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์รวมในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนภายหลังการอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.13 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 1, 2 และ 3 เดือน ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีจำนวนจุลินทรีย์รวมต่ำกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า ในผลิตภัณฑ์ทั้งกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 และ 10 มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์รวมในระหว่างการเก็บรักษาทั้ง 0, 1, 2 และ 3 เดือน โดยมีจำนวนจุลินทรีย์รวมเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บรักษานานขึ้น และพบว่ามีจำนวนคงที่ในช่วงเดือนที่ 2 และ 3 ของการเก็บรักษา ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีจำนวนจุลินทรีย์รวมเท่ากับ 2.78, 2.84, 2.90 และ 2.95 log cfu/g ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 0 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีจำนวนจุลินทรีย์รวมเท่ากับ 2.83, 2.90, 2.93 และ 2.97 log cfu/g ตามลำดับ ($P<0.05$) โดย Jones *et al.* (2019) กล่าวว่า ได้มีข้อกำหนดทางจุลินทรีย์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปอย่างบิลตอง (biltong) ที่เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งในประเทศแอฟริกาใต้ที่มีลักษณะคล้ายเนื้อเจอร์กี้แต่มีความหนาและมีความชื้นสูงกว่า ซึ่งตามมาตรฐานของแอฟริกาใต้ที่ SANS (2011) ได้ระบุไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total viable count, TVC) ไม่ควรเกิน 6 log cfu/g โดยจากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในระดับไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อ Total plat count (log cfu/g) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล

ปริมาณกลีเซอรอล	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)			
	0	1	2	3
0%	$2.83 \pm 0.02^{c,A}$	$2.90 \pm 0.06^{b,A}$	$2.93 \pm 0.01^{a,A}$	$2.97 \pm 0.02^{a,A}$
10%	$2.78 \pm 0.04^{c,B}$	$2.84 \pm 0.06^{b,B}$	$2.90 \pm 0.02^{a,B}$	$2.95 \pm 0.01^{a,B}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-c}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-B}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.3.2 ผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อยีสต์ รา *S. aureus* และ *E. coli* ในระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาผลของกลีเซอรอลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อยีสต์ รา *S. aureus* และ *E. coli* ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนภายหลังการอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา ผลการทดลองพบว่า เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในบรรจุภัณฑ์แบบปิดผนึกด้วยความร้อน ภายในมีซองวัตถุดูดซับออกซิเจน โดยเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน พบว่า ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนเชื้อยีสต์ รา *S. aureus* และ *E. coli* ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<1 log cfu/g) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ดังที่หน่วยบริการตรวจสอบด้านความปลอดภัยของอาหาร กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา USDA-FSIS (2014) กล่าวว่า เมื่อค่า a_w อยู่ในช่วง 0.70 - 0.85 หรือต่ำกว่า จะช่วยควบคุมการเจริญของเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ยังได้มีการกำหนดเกณฑ์ด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ โดยหลังการทำให้แห้งควรตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* และ *S. aureus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การศึกษาผลของกลีเซอรอล ความหนาของชิ้นเนื้อ และระยะเวลาการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุน โดยเติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 10 ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 และ 1 เซนติเมตร อบแห้งเป็นระยะเวลา 2, 3 และ 4 ชั่วโมง พบว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนที่มีคุณภาพด้านเคมี-กายภาพที่ดีและมีสภาวะการผลิตที่เหมาะสมคือ การเติมกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ขนาดความหนาของชิ้นเนื้อ 0.75 เซนติเมตร และอบแห้งเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยให้ผลดีที่สุดในด้านการเพิ่มร้อยละของผลผลิต โดยมีผลผลิตร้อยละ 60.04 ซึ่งมากกว่ากลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอลอยู่ร้อยละ 3.62 แม้ว่าจะมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่เติมกลีเซอรอล ที่ความหนาของชิ้นเนื้อ 1 เซนติเมตร อยู่ร้อยละ 2.07 แต่มีค่าแรงเฉือนลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 57.45 นิวตัน ซึ่งหมายถึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีค่า a_w และปริมาณความชื้นที่ต่ำ โดยมีค่า a_w เท่ากับ 0.70 และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 20.16 ซึ่งอยู่ในระดับที่มาตรฐานกำหนด

5.1.2 การศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 (กลุ่มควบคุม) และ 10 เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน พบว่า ผลิตภัณฑ์กลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ช่วยเพิ่มร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้ง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือนที่ต่ำและมีค่าลดลงเมื่อการเก็บรักษานานขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มมากขึ้น อีกทั้งการเก็บรักษาที่นานขึ้นยังส่งผลให้ค่าองศาของสีลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีพบว่า การเติมกลีเซอรอลสามารถลดค่า a_w และปริมาณความชื้นได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ค่าการออกซิเดชันของไขมันลดลง สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์พบว่า จุลินทรีย์รวมมีจำนวนเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาและมีจำนวนคงที่ในเดือนที่ 2 และ 3 ของการเก็บรักษา ส่วนจุลินทรีย์ก่อโรคมีจำนวนต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ ทั้งนี้ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ปริมาณความชื้น และจำนวนจุลินทรีย์รวมอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ในการนำไปบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนมีลักษณะสีที่คล้ำ อาจเนื่องมาจากสูตรที่ใช้ในการทดลองมีส่วนผสมที่ประกอบไปด้วยซอสถั่วเหลือง และซีอิ๊วขาวเป็นหลัก ซึ่งมีสีค่อนข้างดำอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่เข้มขึ้น ดังนั้นจึงน่าจะทำการพัฒนาต่อไปในด้านสี โดยอาจลดการใช้เครื่องปรุงดังกล่าว ร่วมกับการใช้วัตถุดิบหรือสารสกัดจากธรรมชาติที่มีสารสีแดง เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น หรือมีการใช้เกลือไนไตรท์เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงขึ้น

5.2.2 ควรได้มีการนำไปศึกษาต่อเกี่ยวกับการปรับปรุงสูตรในด้านรสชาติให้มีความหลากหลายเพิ่มขึ้นโดยการทดสอบชิม เพื่อให้เกิดการยอมรับจากผู้บริโภคในด้านรสชาติมากยิ่งขึ้นในอนาคต

5.2.3 ในแง่ของธุรกิจเชิงอุตสาหกรรมที่มองถึงผลตอบแทนนั้น ค่าร้อยละของผลผลิตที่ต่างกันร้อยละ 2.07 อาจมีความสำคัญมาก รวมถึงการวิเคราะห์คุณภาพในแต่ละลักษณะที่ศึกษา ซึ่งในบางลักษณะที่มีความแตกต่างกัน ในความเป็นจริงหากพิจารณาจากคนอาจมองไม่เห็นความแตกต่างนั้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการทดสอบในกลุ่มบุคคลเพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส จึงน่าจะได้มีการศึกษาในเรื่องนี้ต่อไป

5.2.4 ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้มีลักษณะคล้ายเนื้อแดดเดียวซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่คนไทยคุ้นชิน โดยปกติเนื้อแดดเดียวต้องนำไปผ่านการทอด หรือย่างก่อนรับประทาน แต่เจอร์กี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมรับประทาน จึงน่าจะสามารถนำเสนอขายในรูปแบบบรรจุภัณฑ์พร้อมรับประทานขนาดเล็ก เพื่อให้สะดวกในการบริโภคและสอดรับกับการใช้ชีวิตที่เร่งรีบของผู้คนในปัจจุบันได้

5.2.5 ในการทดลองครั้งนี้ใช้บรรจุภัณฑ์เป็นถุงลามิเนต ร่วมกับการใช้ซองวัตถุดูดซับออกซิเจน ซึ่งถ้าหากทำเป็นผลิตภัณฑ์ในครัวเรือน หรือในชุมชน สามารถปรับบรรจุภัณฑ์โดยใช้ถุงสุญญากาศปกติได้ แต่มีข้อเสียคือ ใช้ต้นทุนค่อนข้างสูงในการซื้อเครื่องมือ และการทำให้เป็นสุญญากาศอาจทำให้บรรจุภัณฑ์เสียหายจากการถูกชิ้นเนื้อทิ่มแทงหากบรรจุภัณฑ์ไม่แข็งแรง ทำให้อากาศเข้าไปได้ และอาจส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง เว้นแต่ในพื้นที่ที่จะผลิตนั้นมีเครื่องสุญญากาศอยู่แล้วสามารถใช้ได้ แต่ถ้าในกรณีที่ไม่มีเครื่องสุญญากาศ สามารถใช้ถุงลามิเนตร่วมกับการใช้ซองวัตถุดูดซับออกซิเจนได้ เนื่องจากราคาไม่แตกต่างกันมาก และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณออกซิเจนได้

5.2.6 จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 ในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนในสูตรการผลิต 1 กิโลกรัม (เนื้อสด) มีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น 19 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. 2562. **ราคาสินค้าเกษตรในพื้นที่กรุงเทพฯ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.dit.go.th/pricelist/showannual_all.asp. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2562].

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. **สรุปแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาโคเนื้อ ปี 2554 - 2557**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://mdo.rtarf.mi.th/download. [สืบค้นวันที่ 4 กรกฎาคม 2563].

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. **ชิ้นส่วนตัดแต่งและการใช้ประโยชน์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://extension.dld.go.th/thindex.php?option=com_content&view=article&id=209:2012-03-12-07-15-03&catid= 49:2012-03-05-10-24-38&Itemid=40. [สืบค้นวันที่ 5 กรกฎาคม 2563].

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. **สถานการณ์ด้านปริมาณการผลิตปศุสัตว์ไทย**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.dld.go.th/th/images/stories/about_us/organization_chart/2561/strategy256_2565.pdf. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2562].

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2561. **ยุทธศาสตร์โคเนื้อ 5 ปี พ.ศ. 2561 - 2565**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://planning.dld.go.th/th/images/stories/section-17/policy/strategic_01.pdf. [สืบค้นวันที่ 22 มิถุนายน 2562].

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2559. **การทดสอบหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารในสภาวะเร่ง**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://bsc.dip.go.th/th/category/quality-control/qs-foodage. [สืบค้นวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2562].

คมแข พิลาสมบัติ ศุภลักษณ์ สรภักดี และรุจริน ลิ้มศุภวานิช. 2557. “ผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทานจากเนื้อสุกรและไก่แก่.” หน้า 195 - 204. ใน **การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 5**. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คมแข พิลาสมบัติ ศุภลักษณ์ สรภักดี และรุจริน ลิ้มศุภวานิช. 2558. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทานจากเนื้อที่มีลักษณะเหนียวเพื่อเพิ่มมูลค่าและการนำไปใช้ประโยชน์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

จรัญ คนแรง อัญชณา อุประกูล วิลาสินี ศรีสุวรรณ และวิภพ ใจแข็ง. 2557. รายงานโครงการบูรณาการวิชาการแก่สังคมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนการวิจัยตู้อบสับปะรดอบแห้งโดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานแสงอาทิตย์ของชุมชนนางแลจังหวัดเชียงราย. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

จันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง. 2559. “ผลของสารฮิวเมกแตนท์ การย่าง และสภาวะการบรรจุต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่ผลิตจากเนื้อไก่ไข่ปลดระวาง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ กันยา ตันติวิสุทธิกุล และวิชิต พรหมอินทร์. 2550. “เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่งและคุณภาพเนื้อโคขุนภายใต้ระบบการผลิตของสหกรณ์โคเนื้อกำแพงแสน.” หน้า 179 - 186 ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45. กรุงเทพฯ : สาขาสัตว์และสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. 2548. **คุณภาพเนื้อโคภายใต้ระบบการผลิตและการตลาดของประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัทสุพีเรียพริ้นติ้งเฮาส์ จำกัด.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และพรรณิภา ศิวะพิรุฬเทพ. 2552. **คุณค่าเนื้อโคไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : อมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล วิศุทธิ์ เอื้อกิ่งเพชร ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ ศิริพร กิรติการกุล ศกร คุณวุฒิฤทธิ-รณ ธำรงค์ เมฆโหรา โอภาส พิมพา โชค โสรัชกุล สมพร ดวนใหญ่ กฤตพล สมมาตย์ และธีระชัย หายทุกข์. 2560. **แนวทางการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมโคเนื้อไทยทั้งระบบ**. รายงานผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2560. รายงานผลโครงการ งานออกร้านประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าจากปศุสัตว์ไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. 2552. “ระบบการผลิตโคเนื้อ.” **วารสารปศุสัตว์เกษตรศาสตร์**. 35(139) : 44 - 49.

ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์ ให้สัมภาษณ์, 20 มิถุนายน 2564. จิดาภา ธนศุภานุเวช ผู้สัมภาษณ์. **สถานการณ์เนื้อโคชิ้นส่วนรองในอุตสาหกรรม**. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์. 2547. “คุณภาพซากและผลตอบแทนในการผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงจากโคลูกผสมเลือดบราห์มัน.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธนาภา เชตวัน. 2559. “ผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม่สุกรปลดระวาง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธารทิพย์ หังสพฤกษ์. 2544. “การพัฒนาฟิล์มบริโภคได้จากแป้งบุกและการใช้ประโยชน์.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธำรงศักดิ์ พลบำรุง. 2535. **การเลี้ยงโคนม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://web.ku.ac.th/nk40/nk/data/25/ know1.htm. [สืบค้นวันที่ 21 ธันวาคม 2562].

บุษกร อุตรภิชาติ. 2552. **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ประภาศรี เทพรักษา นวลระหง เทพวิวัฒน์จิต พูนศรี จิรธนา และอาพร ละออกอ. 2550. **หลักการสำคัญในการผลิตอาหารกระป๋อง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท พริ้นท์เทค เซอร์วิส จำกัด.

ปิยะนุช คันโธ. 2545. “การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะโดยการใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และบรรจุภัณฑ์.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โปรดรายเคมีคอลส์. 2563. **คู่มือการใช้ Oxygen Absorber**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://prodrychemicals.co.th/download/prodrychemicals_co_th/KNOWLEDGE/Pro%20Dry%20OA%20Handbook.pdf. [สืบค้นวันที่ 21 มกราคม 2563].

พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. 2552. “บทที่ 2 คุณค่าทางด้านโภชนาการของเนื้อโค.” หน้า 35 - 44. ใน **คุณค่าเนื้อโคไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : อมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558. **Humectant / สารฮิวเมกแตนท์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com / wiki / word / 0367 / humectant. [สืบค้นวันที่ 11พฤศจิกายน 2562].

เพ็ญพิชญา เตียว. 2561. **ขุนแม่โคนมคัดทิ้ง ไขมันแทรกเหมือนโคขุน**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www. thairath.co.th/news/society/1336106. [สืบค้นวันที่ 21 ธันวาคม 2562].

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2549. **เนื้อแดดเดียว**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps297 _49.pdf. [สืบค้นวันที่ 28 พฤษภาคม 2563].

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540. **การประเมินอายุการเก็บรักษาของอาหาร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุจริน ลิ้มศุภวานิช และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552. “บทที่ 4 ผลิตภัณฑ์เนื้อประเภทต่าง ๆ.” หน้า 65 - 86. ใน **คุณค่าเนื้อโคไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : อมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

รุจริน ลิ้มศุภวานิช. 2561. “เนื้อเจอร์กี้ (Jerky).” หน้า 77 - 79. ใน **เอกสารประกอบการอบรมการสร้างมูลค่าเพิ่มเนื้อโค**. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์. 2557. **จดหมายข่าวธุรกิจเนื้อโค**. ปีที่ 7 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม - มิถุนายน 2557. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. กรุงเทพฯ : บริษัท ที เค พริ้นติ้ง จำกัด.

สมพร ดวนใหญ่ สุนทรีพร ดวนใหญ่ สังวาล สมบูรณ์ และฉลอง รัตนวิเชียร. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการบริหารจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานเนื้อโคธรรมชาติ กรณีศึกษาสหกรณ์การเกษตรไร้สารเคมี จำกัด จังหวัดอุบลราชธานี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สรัญญา บุปผาพิบูลย์. 2549. **การอบแห้ง (Drying)**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://ienergyguru.com/2015 /09/drying/. [สืบค้นวันที่ 30 ตุลาคม 2562].

สหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ. 2556. **โครงการเพิ่มมูลค่าเพิ่มเนื้อโคขุนเกรดคุณภาพ (Premium) เพื่อรองรับตลาด AEC**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www2.oae.go.th/FTA/PDF/Project /Premium.pdf. [สืบค้นวันที่ 3 กรกฎาคม 2563].

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2561. **วัตถุเจือปนอาหาร**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.fda.moph.go.th/sites/food/FoodAdditives/P389.pdf. [สืบค้นวันที่ 25 มีนาคม 2563].

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. 2560. **ประเภทบรรจุภัณฑ์พลาสติก**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www. ipaksolution.com/packaging/center/1. [สืบค้นวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2563].

สำนักงานสภาเกษตรกรแห่งชาติ. 2561. **การเลี้ยงโคนมเพศผู้ให้เนื้อคุณภาพสูง**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.nfc.or.th/content/6759. [สืบค้นวันที่ 18 มีนาคม 2563].

สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. 2553. **พันธุ์โคนม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://breeding.dld.go.th/dairy /index.php/dairy-breed. [สืบค้นวันที่ 14 พฤษภาคม 2564].

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549. **ตำราจุลชีววิทยาทางอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุริยะ สะวานนท์. 2559. **การเลี้ยงโคนมเพศผู้ให้เนื้อคุณภาพสูง**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.tech2biz. net/content/. [สืบค้นวันที่ 21 ธันวาคม 2562].

อิ่มเอิบ พันสด. 2549. **หลักการถนอมเนื้อสัตว์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://elearning.nsru.ac.th/web_ elearning/meattech/lesson/less9_5.html. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2562].

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Akram, M.Z., Firincioglu, S.Y., Jalal, H. and Dogan, S.C. 2019. "The use of essential oils in active food packaging: a review of recent studies." **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology** 7(11) : 1799 - 1804.

AOAC. 2005. Chapter 17 AOAC Official Method 940. 36b. p. 2. In Horwitz, W. and Latimer, G.W. **Official methods of analysis of AOAC International**. Maryland : Association of Official Analytical Chemists.

AOAC. 2006. Chapter 17 AOAC Official Method 966. 23c - 24. p. 5 - 6. In Horwitz, W. and Latimer, G.W. **Official methods of analysis of AOAC International**. Maryland : Association of Official Analytical Chemists.

AOCS. 2000. **Official Method and Recommend Practice of The American Oil Chemists' Society**. 5th edition. Washington D.C. : American Oil Chemists' Society, Incorporated.

Bal, L.M., Kar, A., Satya, S. and Naik, S.N. 2010. "Drying kinetics and effective moisture diffusivity of bamboo shoot slices undergoing microwave drying." **International Journal of Food Science and Technology** 45(11) : 2321 - 2328.

BAM. 2016. **Bacteriological Analytical Manual, Chapter 12: *Staphylococcus aureus***. [Online]. Available : https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-12-staphylococcus-aureus. [23 October 2019].

Barrett, A.H., Briggs, J., Richardson, M. and Reed, T. 1998. "Texture and storage stability of processed beefsticks as affected by glycerol and moisture levels." **Journal of Food Science** 63(1) : 84 - 87.

Bhat, Z.F., Morton, J.D., Mason, S.L. and Bekhit, A.E.D.A. 2020. "The application of pulsed electric field as a sodium reducing strategy for meat products." **Food Chemistry** 306 : 1 - 7.

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." **The Open Food Science Journal** 8 : 22 - 31.

Cauvain, S.P. and Young, L.S. 2000. **Bakery food manufacturing and quality: water control and effects**. Oxford University : Blackwell Science Limited.

Chen, C.S. 1987. "Relationship between water activity and freezing point depression of food systems." **Journal of Food Science** 52(2) : 433 - 435.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chen, W.S., Liu, D.C. and Ockerman, H.W. 2000. "Improving texture and storage stability of Chinese-style pork jerky by the addition of humectants." **Journal of Animal Science** 13 : 1455 - 1460.

Chen, W.S., Lin, Y.K., Lee, M.R., Lin, L.C., Wan, T.C. and Sakata, R. 2014. "Effects of humectants on venison jerky." **Fleischwirtschaft** 94(1) : 102 - 106.

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 Science** 80 : 278 - 286.

Choi, W.J. 2008. "Glycerol-based biorefinery for fuels and chemicals." **Recent Patents on Biotechnology** 2(3) : 173 - 80.

Chomsawan, B., Thanasarn, T., Waiyaka, P. and Jaikla, S. 2017. "Antioxidant and biological activities of *Arisia polycephala* wall." **Kasalongkham Research Journal** 11(3) : 1 - 9.

Chung, Y.-H., Rico, D.E., Martinez, C.M., Cassidy, T.W., Noirot, V., Ames, A. and Varga, G.A. 2007. "Effects of feeding dry glycerin to early postpartum holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles." **Journal of Dairy Science** 90(12) : 5682 - 5691.

Daigle, S. and Eifert, J. 2005. "Safe processing of meat and poultry jerky." **Virginia cooperative extension** 30(2) : 458 - 501.

Derakhshan, Z., Conti, G.O., Heydari, A., Hosseini, M.S., Mohajeri, F.A., Gheisari, H., Kargar, S., Karimi, E. and Ferrante, M. 2018. "Survey on the effects of electron beam irradiation on chemical quality and sensory properties on quail meat." **Food and Chemical Toxicology** 112 : 416 - 420.

Doymaz, I. 2005. "Drying behaviour of green beans." **Journal of Food Engineering** 69(2) : 161 - 165.

Faith, N.G., Coutour, N.S.L., Alvarenga, M.B., Calicioglu, M., Buegeb, D.R. and Luchansky, J.B. 1998. "Viability of *Escherichia coli* O157:H7 in ground and formed beef jerky prepared at levels of 5 and 20% fat and dried at 52, 57, 63, or 68°C in a home-style dehydrator." **International Journal of Food Microbiology** 41 : 213 - 221.

Fang, Z., Zhao, Y., Warner, R.D. and Johnson, S.K. 2017. "Active and intelligent packaging in meat industry." **Trends in Food Science and Technology** 61 : 60 - 71.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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." **Journal of Food Science** 64 : 465 - 468.

FSSS. 2011. **Food safety support and services (FSSS): water activity (a_w)**. [Online]. Available : https://www.facebook.com/FSSS.Thailand/posts/361355537884537. [30 March 2021].

Gaikwad, K.K., Singh, S., Shin, J. and Lee, Y.S. 2020. "Novel polyisoprene based UV-activated oxygen scavenging films and their applications in packaging of beef jerky." **LWT - Food Science and Technology** 117 : 1 - 9.

Gómez-Estaca, J., López-de-Dicastillo, C., Hernández-Muñoz, P., Catalá, R. and Gavara, R. 2014. "Advances in antioxidant active food packaging." **Trends in Food Science and Technology** 35 : 42 - 51.

Guo, Z., Han, L., Yu, Q. and Lin, L. 2020. "Effect of a sea buckthorn pomace extract-esterified potato starch film on the quality and spoilage bacteria of beef jerky sold in supermarket." **Food Chemistry** 326 : 1 - 9.

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 Journal for Food Science of Animal Resources** 28(4) : 486 - 492.

Harrison, J.A. Harrison, M.A., Rose-Morrow, R.A. and Shewfelt, R.L. 2001. "Home-style beef jerky: effect of four preparation methods on consumer acceptability and pathogen inactivation." **Journal of Food Protection** 64(8) : 1194 - 1198.

Harrison, M.A., Singh, R.K., Harrison, J.A. and Singh, N. 2006. "Antimicrobial intervention and process validation in beef jerky processing." University of Georgia.

Ingham, S.C., Buege, D.R., Dropp, B.K. and Losinski, J.A. 2004. "Survival of *Listeria monocytogenes* during storage of ready-to-eat products processed by drying, fermentation, and/or smoking." **Journal of Food Protection** 67 : 2698 - 2702.

Ingham, S.C., Engel, R.A. Fanslau, M.A. Schoeller, E.L. Searls, G.A. Buege, D.R. and Zhu, J. 2005. "Fate of *Staphylococcus aureus* on vacuum-packaged ready-to-eat meat products stored at 21°C." **Journal of Food Protection** 68 : 1911 - 1915.

Ingham, S.C., Searls, G., Mohanan, S. and Buege, D.R. 2006. "Survival of *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* on vacuum-packaged beef jerky and related products stored at 21°C." **Journal of Food Protection** 69(9) : 2263 - 2267.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Iseya, Z., Kubo, T. and Saeki, H. 2000. "Effect of sorbitol on moisture transportation and textural change of fish and squid meats dyring curing and drying process." **Fisheries Science** 66(6) : 1144 - 1149.

Jang, S.J., Kim, H.W., Hwang, K.E., Song, D.H., Kim, Y.J., Ham, Y.K., Lim, Y.B., Jeong, T.J., Kim, S.Y. and Kim, C.J. 2015. "Effects of replacing sucrose with various sugar alcohols on quality properties of semi-dried jerky." **Korean Journal for Food Science of Animal Resources** 35(5) : 622 - 629.

Jangerman, E. 1991. **Glycerine: a key cosmetic ingredient**. New York : Mercel Dekker, Incorporated.

Jamhari, J., Suryanto, E., Sundari, S. and Laksmiwati, D.A. 2018. "The effect of sugar cane levels and drying methods on chemical and physical qualities of ground beef "Dendeng"." **Bulletin of Animal Science** 42(1) : 67 - 71.

Jensen, P.N., Sorensen, G., Brockhoff, P. and Bertelsen, G. 2003. "Investigation of packaging systems for shelled walnuts based on oxygen absorbers." **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 51(17) : 4941 - 4947.

Jones, M., Arnaud, E., Gouws, P. and Hoffman, L.C. 2019. "Effects of the addition of vinegar, weight loss and packaging method on the physicochemical properties and microbiological profile of biltong." **Meat Science** 156 : 214 - 221.

Kim, S.M. and Sung, S.K. 1 9 8 9 . "Effects of glycerol addition level on the changes in physicochemical characteristics of intermediate moisture meat." **Korean Journal of Animal Science** 31(5) : 342 - 352.

Kim, G.-D., jung, E.Y., Seo, H.W., Joo, S.T. and Yang, H.S. 2010a. "Textural and sensory properties of pork jerky adjusted with tenderizers or humectant." **Korean Journal for Food Science of Animal Resources** 30 : 930 - 937.

Kim, H.-J., Chun, H.-H., Song, H.-J. and Song, K.-B. 2010b. "Effects of electron beam irradiation on the microbial growth and quality of beef jerky during storage." **Radiation Physics and Chemistry** 79(11) : 1165 - 1168.

Kim, H.-J., Jung, S., Yong, H.I., Bae, Y.S., Kang, S.N., Kim, S. and Jo, C. 2014. "Improvement of microbiological safety and sensorial quality of pork jerky by electron beam irradiation and by addition of onion peel extract and barbecue flavor." **Radiation Physics and Chemistry** 98 : 22 - 28.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kim, M.J. and Kim, H.Y. 2017. "Species identification of commercial jerky products in food and feed using direct pentaplex PCR assay." **Food Control** 78 : 1 - 6.

Konieczny, P., Stangierski J. and Kijowski, J. 2007. "Physical and chemical characteristics and acceptability of home style beef jerky." **Meat Science** 76 : 253 - 257.

Ledward, D.A. 1987. "Water activity: theory and applications to food." **Meat Science** 21(2) : 157 - 158.

Lee, K.H., Yun, H., Lee, J.W., Ahn, D.U., Lee, E.J. and Jo, C. 2012. "Volatile compounds and odor preferences of ground beef added with garlic and red wine and irradiated with charcoal pack." **Radiation Physics and Chemistry** 81(8) : 1103 - 1106.

Lim, D.G., Lee, S.-S., Seo, K.-S. and Nam, K.C. 2012. "Effects of different drying methods on quality traits of hanwoo beef jerky from low-valued cuts during storage." **Korean Journal for Food Science of Animal Resources** 32(5) : 531 - 539.

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

Miriam, V.R. 2007. "Survey of microbiological content of commercial beef jerky." Department of Animal Science of the Degree of Master of Science of the Graduate College, Oklahoma State University.

Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Domenico, A.D., Dusemund, B., Frutos, M.J., Galtier, P., Gott, D., Remy, U.G., Leblanc, J.C., Lindtner, O., Moldeus, P., Mosesso, P., Massin, D.P., Oskarsson, A., Stankovic, I., Berendsen, I.W., Woutersen, R.A., Wright, M.C., Younes, M., Boon, P.E., Chrysafidis, D., Gürtler, R., Tobback, P., Rincon, A.M., Tard, A. and Lambre, C. 2017. "Re-evaluation of glycerol (E 422) as a food additive." **European Food Safety Authority Journal** 15(3) : 1 - 64.

Nam, K.C., Kim, H.C., Cha, J. and Yim, D.G. 2016. "The quality characteristics and antioxidant properties of sun-dried venison jerky with green tea powder during storage." **Korean Journal for Food Science of Animal Resources** 36(5) : 626 - 634.

Pagliaro, M. and Rossi, M. 2010. **The future of glycerol**. 2nd edition. Cambridge : Royal Society of Chemistry.

Park, C.J. and Park, C.S. 2007. "The effects of drying method and spice extracts added to beef jerky on the quality characteristics of beef jerky." **Korean Journal of Food and Cookery Science** 23 : 800 - 809.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Pilasombut, K., Sorapukdee, S., Chetawan, T. and Ngamyeesoon, N. 2019. "Effect of glycerol on improving quality of ready to eat Nham jerky, an innovation of Thai fermented meat product." **International Journal of Agricultural Technology** 15(2) : 333 - 346.

Predika, J. 1983. **The sausage-making cookbook**. Mechanicsburg : Stackpole Books.

Presswood, H. 2012. "Lipid stability of dehydrated beef strips stored in two packaging types." Department of Food Science. SLU, Swedish University of Agricultural Sciences.

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." **Journal of Food Science** 62 : 1250 - 1254.

Quispe, C.A.G., Coronado, C.J.R. and Carvalho, J.A. 2013. "Glycerol: production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion." **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 27 : 475 - 493.

Rahmat, N., Abdullah, A.Z. and Mohamed, A.R. 2010. "Recent progress on innovative and potential technologies for glycerol transformation into fuel additives: a critical review." **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 14(3) : 987 - 1000.

Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., De Melo, N.R. and Sanches-Silva, A. 2017. "Use of essential oils in active food packaging: recent advances and future trends." **Trends in Food Science and Technology** 61 : 132 - 140.

Richards, M.P. 2010. **Oxidation in Foods and Beverages and Antioxidant Applications**. Cambridge : Woodhead Publishing Limited.

SANS. 2011. **South african national standards (SANS) 885: 2011 processed meat products**. [Online]. Available : https://www.foodfocus.co.za/home/whats-hot/legal-news/SANS-8852 011-South-African-National-Standard-for-Processed-Meat-Products. [31 May 2020].

Sherwin, C.P. and Labuza, T.P. 2003. "Role of moisture in maillard browning reaction rate in intermediate moisture foods: comparing solvent phase and matrix properties." **Journal of Food Science** 68 : 588 - 594.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Silva, F.A.P., Estevez, M., Ferreira, V.C.S., Silva, S.A., Lemos, L.T.M., Ida, E.I., Shimokomaki, M. and Madruga, M.S. 2018. "Protein and lipid oxidations in jerky chicken and consequences on sensory quality." **LWT - Food Science and Technology** 97 : 341 - 348.

Smith, J.P., Ramaswamy, H.S. and Simpson, B.K. 1990. "Developments in food packaging technology. Part II. Storage aspects." **Trends in Food Science and Technology** 1 : 111 - 118.

Sorapukdee, S., Uesakulrungrueng, C. and Pilasombut, K. 2016. "Effects of humectant and roasting on physicochemical and sensory properties of jerky made from spent hen meat." **Korean Journal for Food Science of Animal Resources** 36(3) : 326 - 334.

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

Teixeira, A., Pereira, E. and Rodrigues, E.S. 2011. "Goat meat quality. effects of salting, air-drying and ageing processes." **Small Ruminant Research** 98 : 55 - 58.

USDA-FSIS. 2014. **FSIS compliance guideline for meat and poultry jerky produced by small and very small establishments**. Washington D.C. : U.S. Department of Agriculture.

USDA-FSIS. 2015. **Response to questions posed by the department of defense regarding microbiological criteria as indicators of process control or insanitary conditions**. Washington D.C. : U.S. Department of Agriculture.

USDA-FSIS. 2017. **Salmonella compliance guidelines for small and very small meat and poultry establishments that produce ready-to-eat (RTE) products and revised appendix a june 2017**. Washington D.C. : U.S. Department of Agriculture.

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

Vieira, S.A., Zhang, G. and Decker, E.A. 2017. "biological implications of lipid oxidation products." **Journal of the American Oil Chemists' Society** 94(3) : 339 - 351.

Wongwiwat, P. and Wattanachant, S. 2015. "Quality changes of chicken meat jerky with different sweeteners during storage." **Journal for Food Science Technology** 52(12) : 8329 - 8335.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 Science** 82 : 289 - 294.

Yong, H.I., Lee, H., Park, S., Park, J., Choe, W., Jung, S. and Jo, C. 2017. "Flexible thin-layer plasma inactivation of bacteria and mold survival in beef jerky packaging and its effects on the meat's physicochemical properties." **Meat Science** 123 : 151 - 156.

Zhang, Y., Holman, B.W.B., Ponnampalam, E.N., Kerr, M.G., Bailes, K.L., Kilgannon, A.K. and Hopkins, D.L. 2019. "Understanding beef flavour and overall liking traits using two different methods for determination of thiobarbituric acid reactive substance (TBARS)." **Meat Science** 149 : 114 - 119.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 70

95% ethanol	737.00 มิลลิลิตร
distilled water	233.00 มิลลิลิตร

สารละลายเอทานอลผสมกับน้ำกลั่น และเขย่าให้เข้ากัน เก็บในขวดสีชาปิดฝาให้สนิท

2. การเตรียมสารสำหรับวิเคราะห์การออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

2.1 สารละลาย Thiobarbituric acid (TBA) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Thiobarbituric acid 0.375 กรัม และชั่ง trichloroacetic acid 15 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นละลายสารโดยใช้เครื่อง magnetic stirrer และผสมกับสาร HCL 0.25 N ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร

2.2 สารละลาย Butylated hydroxytoluene (BHT) 0.2% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่ง BHT 0.2 กรัม ละลายในเอทานอล 95% และปรับปริมาตรด้วยเอทานอล 95% เป็น 100 มิลลิลิตร

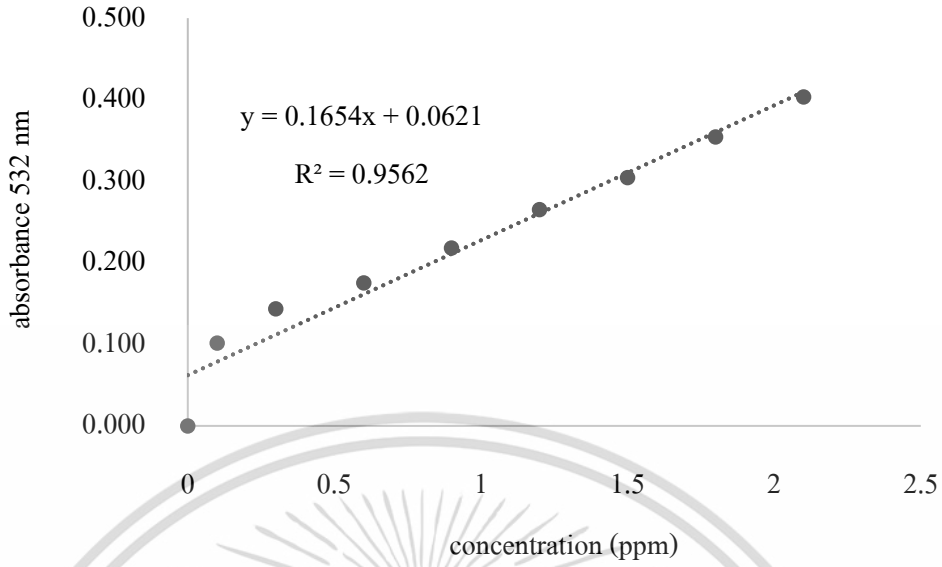
2.3 สารละลาย Hydrochloric acid (HCL) 5 N ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ปิเปต hydrochloric acid 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร

2.4 การเตรียมสารมาตรฐาน Malonaldehyde (MDA)

ปิเปต 1, 1, 3, 3-tetraethoxypropane 10.88 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วยเอทานอล 95% เป็น 100 มิลลิตร จะได้สาร MDA 100 ppm จากนั้นเจือจางที่ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5 และ 1.8 ppm เพื่อทำกราฟมาตรฐาน โดยสร้างกราฟเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (แกน x) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร (แกน y) ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ ก 1 กราฟเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (แกน x) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร (แกน y)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. สารละลายเกลือแกง (NaCl) 0.85% ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

ชั่ง NaCl 8.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA 22.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ Malt agar ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt extract 30 กรัม และ agar 15 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติมกรดแลคติก 85% ปริมาตร 360 ไมโครลิตร

4. อาหารเลี้ยงเชื้อ Baird-Parker agar (BP) ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ BP 50 กรัม และ agar 15 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และเติม egg yolk solution ปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยการเตรียม egg yolk solution มีดังนี้

1) นำไข่ไก่แช่ฆ่าเชื้อด้วยเอทานอล 70% เป็นเวลา 15 นาที

2) ตอกเปลือกไข่โดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ นำไข่แดงที่ได้ผสมกับสารละลาย NaCl 0.85% อัตราส่วน 3 : 7 จากนั้นเติม potassium tellurite 1% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

5. อาหารเลี้ยงเชื้อ Chromocult agar ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Chromocult agar 26.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ที่ผ่านการทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) แล้วที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. อาหารเลี้ยงเชื้อ DEV Tryptophan broth (TB) ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ DEV Tryptophan broth 16 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

7. อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth (NB) ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth 8 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การอ่านค่าสี

การวัดสีระบบ CIE

1. lightness (L*) คือ ค่าความสว่าง

วัตถุที่วัดจะมีสีขาวเมื่อค่าเข้าใกล้ 100

วัตถุที่วัดจะมีสีดำเมื่อค่าเข้าใกล้ 0

2. redness (a*) คือ ค่าสีแดง

วัตถุที่วัดได้มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง

วัตถุที่วัดได้มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว

หากมีค่าเป็นศูนย์ หมายถึง วัตถุมีสีเทา

3. yellowness (b*) คือ ค่าสีเหลือง

วัตถุที่วัดได้มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง

วัตถุที่วัดได้มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน

หากมีค่าเป็นศูนย์ หมายถึง วัตถุมีสีเทา

4. chroma คือ ค่าความสดใส

วัตถุที่วัดได้มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีซีดจาง (เทา)

วัตถุที่วัดได้มีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม

5. hue angle คือ ค่าองศาของสี

วัตถุที่วัดได้มีค่า 0 - 45 หมายถึง วัตถุมีสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง

วัตถุที่วัดได้มีค่า 45 - 90 หมายถึง วัตถุมีสีส้มแดงถึงสีเหลือง

วัตถุที่วัดได้มีค่า 90 - 135 หมายถึง วัตถุมีสีเหลืองถึงสีเหลืองเขียว

วัตถุที่วัดได้มีค่า 135 - 180 หมายถึง วัตถุมีสีเหลืองเขียวถึงสีเขียว

วัตถุที่วัดได้มีค่า 180 - 225 หมายถึง วัตถุมีสีเขียวถึงสีน้ำเงินเขียว

วัตถุที่วัดได้มีค่า 225 - 270 หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงินเขียวถึงสีน้ำเงิน

วัตถุที่วัดได้มีค่า 270 - 315 หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงินถึงสีม่วง

วัตถุที่วัดได้มีค่า 315 - 360 หมายถึง วัตถุมีสีม่วงถึงสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Infrared

ตารางผนวกที่ ง 1 ปริมาณความชื้น (moisture, %) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบต่าง ๆ

ระยะเวลาการอบ	กลีเซอรอล 0%		กลีเซอรอล 10%	
	ความหนาของชิ้นเนื้อ		ความหนาของชิ้นเนื้อ	
	0.75 cm	1 cm	0.75 cm	1 cm
2 ชั่วโมง	$19.38 \pm 1.94^{b,A}$	$20.46 \pm 0.68^{a,A}$	$18.74 \pm 1.70^{b,A}$	$20.24 \pm 1.21^{a,A}$
3 ชั่วโมง	$15.87 \pm 0.90^{b,B}$	$18.02 \pm 1.39^{a,B}$	$15.74 \pm 0.87^{b,B}$	$18.06 \pm 2.21^{a,B}$
4 ชั่วโมง	$14.57 \pm 1.49^{b,C}$	$16.07 \pm 1.17^{a,C}$	$13.85 \pm 1.11^{b,C}$	$15.57 \pm 0.67^{a,C}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-d}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-C}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางผนวกที่ ง 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (moisture, %) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล

ปริมาณกลีเซอรอล	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)			
	0	1	2	3
0%	$20.99 \pm 0.57^{d,A}$	$22.68 \pm 0.37^{c,A}$	$24.26 \pm 1.02^{b,A}$	$25.89 \pm 0.69^{a,A}$
10%	$18.65 \pm 0.36^{d,B}$	$20.50 \pm 0.55^{c,B}$	$21.55 \pm 1.10^{b,B}$	$22.93 \pm 0.56^{a,B}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-d}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-B}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนในรูปแบบหน่วย kgf

ตารางผนวกที่ จ 1 ค่าแรงเฉือน (shear force, kgf) หลังการทำให้แห้งของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล และมีความหนาของชิ้นเนื้อและระยะเวลาการอบต่าง ๆ

ระยะเวลาการอบ	กลีเซอรอล 0%		กลีเซอรอล 10%	
	ความหนาของชิ้นเนื้อ		ความหนาของชิ้นเนื้อ	
	0.75 cm	1 cm	0.75 cm	1 cm
2 ชั่วโมง	$6.68 \pm 0.13^{b,C}$	$7.21 \pm 0.09^{a,C}$	$5.86 \pm 0.05^{c,C}$	$6.37 \pm 0.10^{b,C}$
3 ชั่วโมง	$7.64 \pm 0.47^{b,B}$	$7.93 \pm 0.08^{a,B}$	$7.26 \pm 0.10^{c,B}$	$7.63 \pm 0.09^{b,B}$
4 ชั่วโมง	$8.03 \pm 0.07^{b,A}$	$8.48 \pm 0.12^{a,A}$	$7.66 \pm 0.09^{c,A}$	$7.98 \pm 0.06^{b,A}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-c}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-C}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางผนวกที่ จ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (shear force, kgf) ในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคขุนจากการใช้กลีเซอรอล

ปริมาณกลีเซอรอล	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)			
	0	1	2	3
0%	$6.88 \pm 0.09^{a,A}$	$6.69 \pm 0.08^{b,A}$	$6.33 \pm 0.09^{c,A}$	$6.03 \pm 0.07^{d,A}$
10%	$5.95 \pm 0.06^{a,B}$	$5.61 \pm 0.09^{b,B}$	$5.50 \pm 0.08^{c,B}$	$5.32 \pm 0.07^{d,B}$

± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง 3 ซ้ำการทดลอง

$^{a-d}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A-B}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
กระบวนการผลิตเจอร์กี้เนื้อโคขุน

ภาพผนวกที่ ฉ 1 เนื้อโคขุนพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน × แองกัส ชิ้นส่วนสะโพกพับนอก (bottom round)

ภาพผนวกที่ ฉ 2 เนื้อที่ทำการตัดแต่งโดยเลาะไขมันและพังผืดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ ฉ 3 เนื้อที่ทำการสไลด์เป็นแผ่นด้วยเครื่องสไลด์

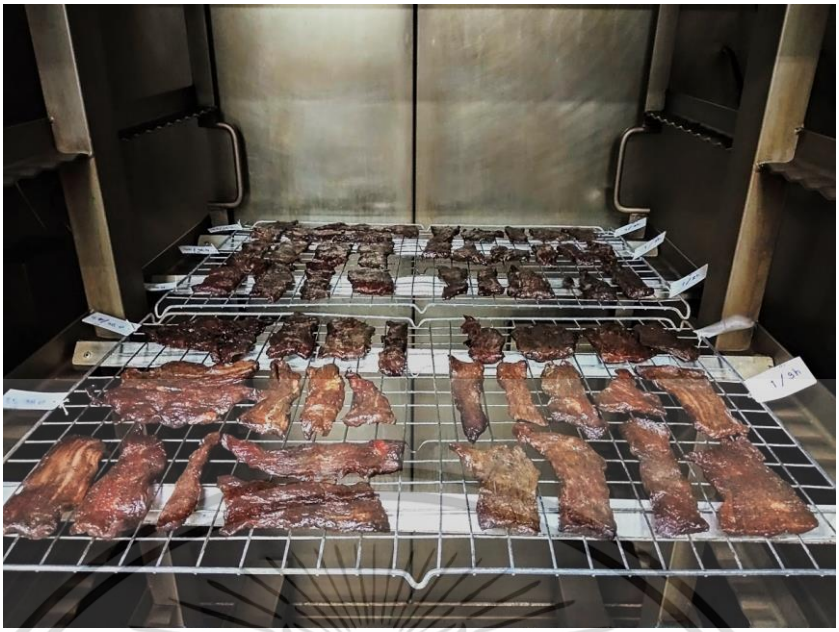
ภาพผนวกที่ ฉ 4 การเติมส่วนผสมและคลุกเคล้าให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ ฉ 5 ลักษณะชิ้นเนื้อหลังการหมักของกลุ่มที่ไม่เติมกลีเซอรอล

ภาพผนวกที่ ฉ 6 ลักษณะชิ้นเนื้อหลังการหมักของกลุ่มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ ฉ 7 การอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้ตู้อบรมควัน

ภาพผนวกที่ ฉ 8 ผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่ได้หลังจากการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวจิดาภา ธนศุภานุเวช
วัน เดือน ปีเกิด	22 ตุลาคม 2539
ที่อยู่	112 หมู่ 3 ตำบลท่าลาด อำเภอชุมพวง จังหวัดนครราชสีมา 30270
ประวัติการศึกษา	2557 มัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนชุมพวงศึกษา
	2561 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
	2564 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
ผลงานทางวิชาการ	- จิดาภา ธนศุภานุเวช พุทธมาศ อุบาลี ปิยะดา ทวิชศรี สมพร นพเกื้อ ธนรรษมลวรรณ พลมั่น และเทียมพบ ก้านเหลือง. 2562. “ผลของระยะเวลาการวางถาดอนุบาลต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทง” หน้า 10. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 4 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร.
	- จิดาภา ธนศุภานุเวช คมแข พิลาสมบัติ และปิยะดา ทวิชศรี. 2563. “การศึกษาเบื้องต้นผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพด้านเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อโคนมขุน” หน้า 472 - 481. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 17 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้