การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง

Shelf life evaluation of ready-to-cook restructured goat meat product

กมลทิพย์ คงศรีรัตน์

Kamonthip Kongsrirat

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AG-M-031-314

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง

Shelf life evaluation of ready-to-cook restructured goat meat product

กมลทิพย์ คงศรีรัตน์

Kamonthip Kongsrirat

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AG-M-031-314

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHELF LIFE EVALUATION OF READY-TO-COOK RESTRUCTURED GOAT MEAT PRODUCT

KAMONTHIP KONGSRIRAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTILFULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCINCE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

KMITL-2020-AG-M-031-314

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2020

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง
นักศึกษา	นางสาวกมลทิพย์ คงศรีรัตน์
รหัสประจำตัว	60604038
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตรจารย์ ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดี

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ กายภาพ-เคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นแช่เยือกแข็ง เป็นเวลา 49 และ 240 วัน พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการเจริญของแบคทีเรียที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ชอบเจริญในสภาวะอุณหภูมิต่ำ และคุณภาพทางเคมี-กายภาพลดลง โดยเฉพาะค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาและหลังการย่าง และค่าการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลง ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ทำการเก็บรักษา 28 วัน ยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงตามข้อกำหนดของเกณฑ์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของอาหารและภาชนสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ในขณะที่การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่าจุลินทรีย์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษา 240 วัน แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพลดลง โดยเฉพาะค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการละลายและหลังการย่างเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างลดลง และค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ค่าการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมและคุณภาพทางประสาทสัมผัสยังลดลง ($P<0.05$) ตามอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ทำการการเก็บรักษา 240 วัน ยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาที่ 28 วัน และอย่างน้อย 240 วัน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทำการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 และ 11 วัน และ 66 ชั่วโมง พบว่า มีการเจริญของแบคทีเรียที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ชอบเจริญในสภาวะอุณหภูมิต่ำ และคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยเฉพาะค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาและหลังการย่างเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) นอกจากนี้การเก็บรักษาแบบแช่เย็นทั้ง 3 อุณหภูมิส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ค่าการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น และค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตรคลอโรอะซิติกของผลิตภัณฑ์ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 20 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P<0.07$) นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลง ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 และ 7 วัน และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงตามข้อกำหนดของเกณฑ์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของอาหารและภาชนสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ทั้งนี้การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิแช่เย็นแช่เยือกแข็งและแช่เย็นทุกอุณหภูมิตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Listeria* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. อีกทั้งเชื้อ *Escherichia coli* มีปริมาณน้อยกว่า 3.00 MPN/g และ *Brochothrix thermosphacta* ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาแบบแช่เย็นเกิดการเสื่อมเสียตลอดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง

การทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงในสภาวะเร่งแบบแช่เย็นด้วยสมการจลนพลศาสตร์ร่วมกับสมการอาร์เรเนียสพบว่าคุณภาพด้านจุลินทรีย์เป็นดัชนีบ่งชี้เสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ในกลุ่ม Anaerobic psychrophilic bacteria มีค่า R^2 ของสมการอาร์เรเนียสสูงสุด ด้วยสมการ $\ln k = -12967(1/T) + 44.996$ ในการทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการการเก็บรักษาเท่ากับ 33.60 6.28 และ 1.32 วัน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Shelf life evaluation of ready-to-cook restructured goat meat product
Student	Ms. Kamonthip Kongsrirat
Student ID	606604038
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2020
Thesis Advisor	Asst Prof. Dr. Pussadee Tangwatcharin
Thesis Co-advisor	Assoc Prof. Dr. Supaluk Sorapukdee

ABSTRACT

The objective of this study was the changes in microbial, physical-chemical, sensory tests qualities of ready-to-cook restructured goat meat product during refrigerated and frozen storage for 49 and 240 days. It was found that aerobic and anaerobic bacteria of samples were significantly increased ($P<0.05$) during storage at 4°C, especially psychrophilic bacteria. For physicochemical quality, purge loss, grilling loss and lipid oxidation value had significant increases ($P<0.05$) with increasing storage time. For texture profile analysis and sensory evaluation, these parameters had significant decreases ($P<0.05$). However, sensory quality of sample was acceptable to consumers after stored 28 days. Furthermore, the microbial quality of sample under same storage condition was higher microbiological quality of cooked food in Food and Container Standard No. 3, Thailand. For the frozen storage at -18°C, the microbial counts of samples were significantly decreased until undetected microbial during storage for 240 days. However, physicochemical quality was decreased, especially thawing loss and grilling loss had a significantly increase. The lightness of samples decreased but redness and yellowness had significant increases ($P<0.05$) with increasing storage time. Lipid oxidation value had significant increase ($P<0.05$). For texture profile analysis and sensory test had significant decreases ($P<0.05$) as storage time was increased. However, the sensory quality of sample was acceptable to consumers after stored for 240 days. Thus, shelf-life of ready-to-cook restructured goat meat product was 28 days during chilling storage at 4°C and at least 240 days during frozen storage at -18°C.

The sample qualities stored under accelerated chilling conditions, 0, 10 and 20°C for 56 and 11 days and 66 hours were revealed. The result found that aerobic and anaerobic bacteria counts of samples were significantly increased ($P<0.05$) during storage, especially psychrophilic bacteria.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The physicochemical quality of sample was decreased, especially, purge loss and grilling loss had significant increases ($P<0.05$) throughout the storage. For all chilling temperatures, the lightness had decreased but redness, yellowness and lipid oxidation values had increases ($P<0.05$). The TCA-soluble peptide of sample stored at 0 and 20°C was increased ($P<0.05$) and stored at 10 °C was trend of increase ($P<0.07$) throughout storage time. Moreover, the texture profile analysis and sensory evaluation of product were decreased ($P<0.05$). However, the microbial quality of sample stored at 0, 10 and 20°C were 35 and 7 days and 24 hours, respectively, were higher microbiological quality of cooked food in Food and Container Standard No. 3, Thailand. According to sensory quality, these samples were acceptable to consumers.

Furthermore, the samples stored under chilling, freezing and accelerated chilling conditions did not detected pathogen including *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Listeria* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* spp. It was found *Escherichia coli* below 3.00 MPN/g. *Brochothrix thermosphacta*, psychrophilic spoilage, was not found in all samples throughout storage time

The shelf life prediction of ready-to-cook restructures goat meat product under accelerated chilling conditions was evaluation by the kinetics model and arrhenius equation. The microbial quality of product was spoilage indicator, especially anaerobic psychrophilic bacteria had the highest R^2 value of linear Arrhenius. The shelf life of sample stored at 0, 10 and 20°C were 33.60 and 6.28 and 1.32 days, respectively, evaluated by $\ln k = -12967(1/T) + 44.996$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์ อีกทั้ง ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และความเข้าใจที่ดีแก่นักศึกษา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ศิริพร เรียบร้อย คิม รองศาสตราจารย์ ดร. รณชัย สิทธิไกรพงษ์ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์ รองศาสตรจารย์ ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อชี้แนะจนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณคุณจันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง คุณสุภาพรรณ ศฤงฆาร พี่ และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรสัตวศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือจนการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาซึ่งเป็นคนที่คอยให้กำลังใจและยังเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ให้ความรู้และคอยสั่งสอนทุกอย่างให้แก่นักศึกษา

กมลทิพย์ คงศรีรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง IX

สารบัญภาพ XII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 3

1.4 ขอบเขตของการศึกษา 3

1.5 ขั้นตอนการศึกษา 3

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น 4

1.7 ข้อจำกัดในการศึกษา 4

1.8 คำจำกัดความ 4

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 จำนวนแพะและเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ 5

2.2 เนื้อแพะ 6

2.3 การบริโภคเนื้อแพะ 6

2.4 ประเภทของเนื้อแพะ 8

2.5 คุณภาพของเนื้อแพะ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

2.5.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะ 9

2.5.2 คุณค่าทางกายภาพของเนื้อแพะ 11

2.5.3 การตัดแต่งเนื้อแพะตามมาตรฐาน 11

2.6 ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปใหม่ (Restructured meat) 12

2.7 กระบวนการปรุงสุกด้วยวิธีการซูวี 13

2.8 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิแช่เย็นและการแช่เยือกแข็ง 14

2.8.1 การแช่เย็น (Refrigeration) 15

2.8.2 การแช่เยือกแข็ง (freezing) 17

2.9 การทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และอาหารแปรรูป 18

2.9.1 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิต่ำในสภาวะแช่เย็นแช่เยือกแข็ง 19

2.9.2 การประเมินอายุการเก็บด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์แบบเร่ง (Accelerated Shelf -Life Testing : ASLT) 20

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 26

3.1 วัตถุดิบ-สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ 26

3.1.1 วัตถุดิบ 26

3.1.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ 26

3.1.3 วัสดุ-อุปกรณ์และเครื่องมือ 28

3.2 วิธีการทดลอง 33

3.2.1 การทดลองที่ 1 การหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

3.2.2 การทดลองที่ 2 การทำนายอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง 42

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 45

4.1 การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง 45

4.1.1 การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น 45

4.1.2 การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง 55

4.1.3 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นแช่เยือกแข็ง 63

4.2 การทำนายอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง 65

4.2.1 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง 65

4.2.2 การทำนายอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง 84

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 93

5.1 สรุปผลการทดลอง 93

5.1.1 คุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

5.1.2 การทำนายอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง 94

5.2 ข้อเสนอแนะ 94

บรรณานุกรม 96

ภาคผนวก 109

ภาคผนวก ก 110

ภาคผนวก ข 112

ภาคผนวก ค 119

ภาคผนวก ง 122

ประวัติผู้เขียน 125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ค่าโภชนาการของเนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ 9

2.2 ปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ 10

2.3 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ณ อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง 21

2.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาอายุการเก็บแบบสภาวะเร่ง 23

4.1 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 49 วัน 47

4.2 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 49 วัน 49

4.3 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 49 วัน 52

4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 49 วัน 54

4.5 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 240 วัน 56

4.6 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 240 วัน 58

4.7 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ-18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 240 วัน 61

4.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงก่อนและหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 240 วัน 64

4..9 จำนวนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 56 วัน 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.10 จำนวนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน 68

4.11 จำนวนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 66 ชั่วโมง 69

4.12 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 56 วัน 71

4.13 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน 73

4.14 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 66 ชั่วโมง 75

4.15 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 56 วัน 77

4.16 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน 78

4.17 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 66ชั่วโมง 79

4.18 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 56 วัน 81

4.19 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน 81

4.20 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 66 ชั่วโมง 82

4.21 การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น ในสภาวะเร่ง 0, 10 และ 20 องศาเซลเซียส 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 จำนวนเกษตรกรและแพะเนื้อ รายเขตปศุสัตว์ 5

2.2 จำนวนแพะจำแนกตามประเภท 8

2.3 แสดงการตัดแต่งแพะเป็นชิ้นส่วนขนาดใหญ่ 12

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาและอุณหภูมิ ในรูปของ ln k และ 1/T 23

4.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการย่าง 51

4.2 ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการย่าง 60

4.3 ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการย่าง 72

4.4 ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการย่าง 74

4.5 ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการย่าง 76

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteria และเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) และอันดับสอง (ค) 85

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง จุลินทรีย์ Anaerobic mesophilic bacteria และเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) และอันดับสอง (ค) 86

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง จุลินทรีย์ Aerobic psychrophilic bacteriaและเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) และอันดับสอง (ค) 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง จุลินทรีย์ Anaerobic psychrophilic bacteriaและเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) และอันดับสอง (ค) 88

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง จุลินทรีย์ Lactic acid bacteriaและเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) และอันดับสอง (ค) 89

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง ln k และ1/T ของจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteria (ก), Anaerobic mesophilic bacteria (ข), Aerobic psychrophilic bacteria (ค) Anaerobic psychrophilic bacteria (ง) และ Lactic acid bacteria (จ) ในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมรูปที่อุณหภูมิ 0, 10, 20 องศาเซลเซียส 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอาชีพการเลี้ยงแพะเนื้อเป็นอาชีพหนึ่งที่เกษตรกรให้ความสนใจและมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะทางภาคใต้ของประเทศ เนื่องจากแพะเนื้อเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย หากินเก่ง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี รวมทั้งให้ผลผลิตเร็ว สายพันธุ์แพะเนื้อที่นิยมเลี้ยงมากที่สุดคือ แพะพันธุ์ลูกผสมสองสาย และสามสายระหว่างพันธุ์พื้นเมืองกับพันธุ์แองโกนูเบียนและพันธุ์บอร์ (สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์. 2562) โดยเนื้อแพะมีราคาในการจำหน่ายประมาณ 350-450 บาทต่อกิโลกรัม และนิยมซื้อ-ขายเนื้อแพะจากฟาร์มในพื้นที่ท้องถิ่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบพิธีกรรมทางศาสนา (ปริญญา เฉิดโฉม และคณะ. 2558) นอกจากนี้ทางจังหวัดกระบี่มีการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรมีการเลี้ยงแพะเนื้อเพิ่มมากขึ้น โดยใช้ยุทธศาสตร์เรื่องการเลี้ยงแพะว่า "กระบี่เมืองแพะ" โดยมีเป้าหมายการผลิตแพะเนื้อให้ได้ 1,000,000 ตัว ภายในปี พ.ศ. 2570

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ (Haan. 2001; Cringoli *et al*. 2007; Desai *et al*. 2013) พบว่าปัญหาของผู้ประกอบการเลี้ยงแพะ คือ ไม่สามารถพัฒนาการผลิตเนื้อสัตว์ในลักษณะการแปรรูป โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์จากแพะให้ได้มาตรฐานตามหลักสากล เนื่องด้วยยังขาดความรู้ ความเข้าใจทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค ตั้งแต่เริ่มต้นใช้ปัจจัยการผลิต จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดเพื่อการบริโภค Gourmet Goat Ltd. (2017) รายงานว่าเนื้อแพะมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีและเป็นทางเลือกในการบริโภคเนื้อสัตว์เพื่อสุขภาพ เนื่องจากเนื้อแพะมีไขมัน แคลอรี่และคอเลสเตอรอลต่ำ นอกจากนี้เนื้อแพะยังเป็นแหล่งแร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น แต่อย่างไรก็ตามเนื้อแพะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและพังผืดภายในมัดกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมาก อีกทั้งเนื้อแพะยังมีลักษณะเป็นเส้นหยาบทำให้เนื้อแพะมีเนื้อสัมผัสเหนียว (เฉลิมขวัญ สุขเนียมและคณะ. 2552) ทำให้เกิดเป็นข้อจำกัดในการบริโภคเนื้อแพะและผลิตภัณฑ์เนื้อแพะ ซึ่งส่วนใหญ่มีการแปรรูปเนื้อแพะเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของการตุ๋น การเคี่ยว และแกง เป็นหลัก และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาไม่สูงมากนัก

การศึกษาคุณภาพเบื้องต้นด้านปริมาณไขมัน ค่าแรงเฉือน คอลลาเจนทั้งหมด และคอลลาเจนที่ละลายน้ำได้ เพื่อเป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่มเนื้อแพะตามลักษณะความเหนียวของเนื้อ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มกลุ่ม คือ เนื้อเหนียว เนื้อเหนียวปานกลาง และเนื้อนุ่ม ให้สอดคล้องกับลักษณะการบริโภคและกำหนดราคาเนื้อแพะในปัจจุบัน แต่เนื้อแพะบางชิ้นส่วนที่ผลิตได้ไม่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อแพะที่หลากหลายได้ จากปัญหานี้จึงได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พร้อมปรุงด้วยวิธีการซูวี (Sous-vide) เพื่อรักษาคุณค่าทางโภชนาการ เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ทันสมัย เพิ่มความสะดวกในการบริโภค อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทปรุงสุก ซึ่งการให้ความร้อนด้วยวิธีการซูวีเป็นการพาสเจอไรซ์ที่สามารถทำลายแบคทีเรีย แต่ไม่สามารถทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย มีผลทำให้อาหารที่ไม่ได้บริโภคทันทีจำเป็นต้องแช่เย็นอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันและชะลอการเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์ และคุณภาพทางเคมี-กายภาพ (Roldán *et al.* 2014) อย่างไรก็ตามแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านการปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีและบรรจุแบบสุญญากาศ คือ สปอร์และแบคทีเรียที่ทนต่อความร้อนหรือทนสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน และแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์แต่ทนต่อสภาวะออกซิเจนต่ำรวมถึงแบคทีเรียก่อโรคและแบคทีเรียที่ทนต่อสภาวะแช่เย็น (Baldwin. 2012) ทำให้ต้องมีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำ โดยอาศัยการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิระหว่าง -18 ถึง 8 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบบแช่เย็นต้องคำนึงถึงอุณหภูมิ ณ สถานที่ในการเก็บรักษา เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่ออายุการเก็บรักษา กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ เคมี-กายภาพจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย เป็นผลให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สั้นลง นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

ดังนั้นจึงควรศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นแช่เยือกแข็ง และสภาวะเร่งแบบแช่เย็น ตลอดจนการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง เพื่อใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่สภาวะปกติและสภาวะเร่ง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ-เคมี จุลินทรีย์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง

1.2.2 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ-เคมี จุลินทรีย์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง

1.2.4 เพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางด้านกายภาพ-เคมี จุลินทรีย์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง

1.3.2 ทราบถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง

1.3.3 ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางด้านกายภาพ-เคมี จุลินทรีย์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง

1.3.4 สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การทดลองที่ 1 การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) และแช่เยือกแข็ง (-18 องศาเซลเซียส) โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ กายภาพ-เคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส รวมถึงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง

การทดลองที่ 2 การทำนายอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ กายภาพ-เคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส และทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงด้วยสมการคณิตศาสตร์ (สมการจลนพลศาสตร์และสมการอาร์เรเนียส)

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ-เคมี จุลินทรีย์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ 4 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 49 และ 240 วัน

1.5.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 ศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ-เคมี จุลินทรีย์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น ที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 56 11 วัน และ 66 ชั่วโมง

1.5.4 ทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่งจากคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

การศึกษาวิจัยเรื่องการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้นและเป็นการวิจัยที่ได้รับเงินทุนวิจัยจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (สัญญาเลขที่ MSD61I0036) ของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ร่วมกับบริษัท กระบี่รีสอร์ท จำกัด

1.7 ข้อจำกัดในการศึกษา

การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะแบบแช่เย็น แช่เยือกแข็งและการแช่เย็นในสภาวะเร่ง ตลอดจนการทำนายอายุการเก็บรักษาเป็นการศึกษาและประเมินภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น หากนำไปใช้จำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการ เพื่อความแม่นยำในการเก็บรักษา

1.8 คำจำกัดความ

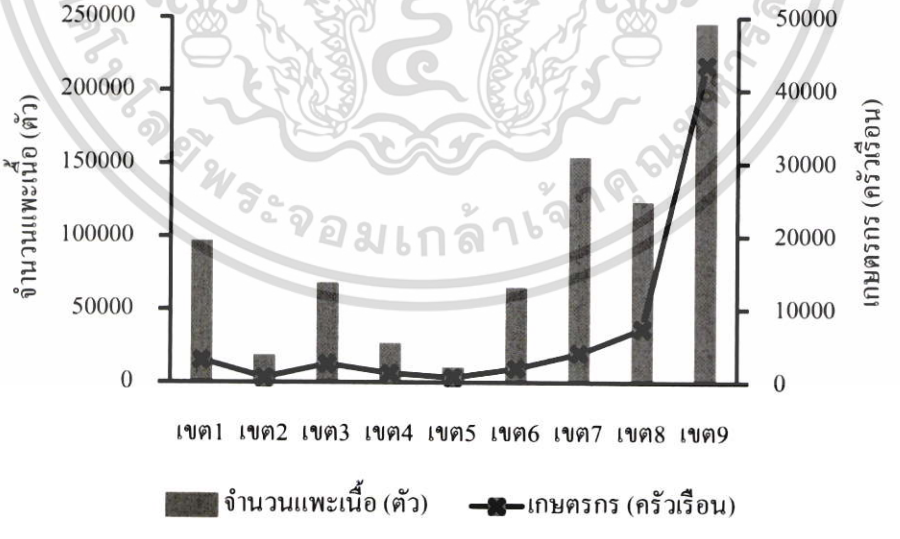
ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงคือ การนำชิ้นเนื้อขนาดเล็กหรือเศษชิ้นเนื้อที่เหลือจากการตัดแต่งมาขึ้นรูปใหม่ โดยการปรับสภาพเนื้อให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตต้องการดังนี้ ชิ้นส่วนเนื้อแพะที่มีลักษณะความเหนียวปานกลางมาผสมรวมกับวัตถุดิบต่าง ๆ ตามสูตร ซึ่งประกอบด้วย น้ำเย็น เกลือแกง โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต โซเดียมเคซิเนท เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส ซีอิ๊วขาว น้ำมันหอย และน้ำส้มสายชู จากนั้นทำการขึ้นรูปใหม่โดยใช้บล็อกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร แล้วแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง 24 ชั่วโมง แล้วทำการถอดบล็อก หั่นเป็นชิ้นหนา 1.5 เซนติเมตร แล้วทำการให้ความร้อนด้วยวิธีการซูวีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 43 นาที โดยวัดจากอุณหภูมิใจกลาง จากนั้นลดอุณหภูมิลง แล้วทำการเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ใหม่ แบบสุญญากาศ ก่อนการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 จำนวนแพะและเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก จัดเป็นสัตว์สายพันธุ์แรกสุดที่มีการเลี้ยงโดยในทางประวัติศาสตร์มีการเลี้ยงเมื่อประมาณ 9,000 ปีก่อน (Webb. 2004) ในปัจจุบันสายพันธุ์แพะทั่วโลกมีประมาณ 1,156 สายพันธุ์ และกระจายไปทั่วโลกมากกว่า 850 ล้านตัว (Devendra. 2010) ส่วนจำนวนแพะในประเทศไทย กรมปศุสัตว์ (2562) ได้รายงานจำนวนเกษตรกรและแพะในปี 2562 ว่ามีเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะทั้งหมดจำนวน 64,733 ครัวเรือน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เขต 9 จำนวน 43,396 ครัวเรือน (ร้อยละ 67.04) รองลงมาคือเขต 8 จำนวน 7,332 ครัวเรือน (ร้อยละ 11.33) และเขต 7 จำนวน 3,971 (ร้อยละ 6.13) ตามลำดับ โดยมีแพะทั้งหมด 803,768 ตัว ซึ่งในพื้นที่เขต 9 มีการเลี้ยงแพะมากที่สุด คือ 245,384 ตัว (ร้อยละ 30.53) รองลงมาคือเขต 7 จำนวน 153,815 ตัว (ร้อยละ 19.14) และเขต 8 จำนวน 122,926 ตัว (ร้อยละ 15.29) ตามลำดับ (ภาพที่ 2.1) โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในแต่ละเขตมีจำนวนการเลี้ยงแพะเพิ่มมากขึ้นจากปีก่อนหน้า โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในพื้นที่เขต 9 เพิ่มมากที่สุด ซึ่งเพิ่มขึ้นจากในปี พ.ศ. 2560 จำนวน 7,577 ครัวเรือน รองลงมาคือเขต 3 จำนวน 1,272 ครัวเรือน และเขต 1 จำนวน 968 ครัวเรือน



ภาพที่ 2.1 จำนวนเกษตรกรและแพะเนื้อ รายเขตปศุสัตว์

ที่มา : กรมปศุสัตว์ (2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เนื้อแพะ

เนื้อแพะเป็นเนื้อที่มีคุณภาพดี มีโปรตีนและธาตุเหล็กสูงกว่าสัตว์ชนิดอื่น มีแคลอรี่ ไขมัน และไขมันอิ่มตัวต่ำกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น เหมาะสำหรับผู้ที่สนใจดูแลสุขภาพเป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม การบริโภคเนื้อแพะ Madruga and Bressan (2011) รายงานว่าในระดับโลกการบริโภคเนื้อแพะมีน้อยกว่าเนื้อโค แต่จากงานวิจัยหลาย ๆ ชิ้นแสดงให้เห็นว่าเนื้อแพะเป็นแหล่งวัตถุดิบหลักของเนื้อแดงสำหรับมนุษย์ (Webb *et al.* 2005) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนา นอกจากนี้ในประเทศอินเดียเนื้อแพะเป็นที่ต้องการมากกว่าเนื้อแกะ (Sen *et al.* 2004) และในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2560-2562) ความต้องการบริโภคเนื้อแพะของตลาดภายในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 223,452 ตัว ในปี พ.ศ. 2560 เป็น 245,384 ตัว ในปี พ.ศ. 2562 (กรมปศุสัตว์. 2562) ส่งผลให้ตลาดผู้บริโภคเนื้อแพะในประเทศไทยเติบโตกว่าร้อยละ 109.81 ซึ่งในทำนองเดียวกับตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะในกลุ่มคณะมนตรีความร่วมมือระหว่างรัฐอาหรับ (GCC: Gulf Cooperation Council) ซึ่งเป็นประเทศที่ร่ำรวย นิยมบริโภคเนื้อแพะและยังมีความต้องการนำเข้าเนื้อแพะอีกจำนวนมาก (พิมพิดา โยธาสมุทร. 2552; ศูนย์บริการข้อมูลธุรกิจไทย-คูเวต. 2552)

เนื้อแพะถือเป็นเนื้อแดงที่ไม่ติดมันซึ่งมีคุณสมบัติทางโภชนาการที่ดี โดยเนื้อแพะจะมีลักษณะเป็นสีแดงเข้ม เนื้อหยาบ มีรสชาติและกลิ่นที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบกับเนื้อแกะ ผลจากการศึกษาทางประสาทสัมผัสบ่งชี้ว่าเนื้อแพะมีเนื้อสัมผัสต่างจากเนื้อสัตว์ชนิดอื่น ๆ แต่ก็ไม่ได้ด้อยกว่าเนื้อแกะ ซึ่งเนื้อแพะและผลิตภัณฑ์จากเนื้อแพะมีแนวโน้มที่จะน้อยกว่าเนื้อแกะ ส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณไขมันที่ลดลง (Webb *et al.* 2005) ส่วนรสชาติและกลิ่นเฉพาะจัดเป็นคุณลักษณะที่ซับซ้อนของเนื้อแพะ ซึ่งคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเหล่านี้ได้รับผลกระทบจากสายพันธุ์ อายุ น้ำหนักตัวและสถานที่เลี้ยง รวมถึงการจัดการด้านอาหารและวิธีการปรุงอาหาร ผู้บริโภคสามารถสัมผัสถึงกลิ่นและรสชาติของเนื้อแพะได้ง่ายกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น ๆ แต่การยอมรับจะต่ำกว่าเนื้อแกะ แต่มากกว่าเนื้อลูกแกะ (Webb *et al.* 2014)

2.3 การบริโภคเนื้อแพะ

การบริโภคเนื้อแพะและความต้องการเนื้อแพะของประเทศแถบยุโรปและอเมริกามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงเทศกาลคริสต์มาสและอีสเตอร์ และในแง่ของความผันผวนตามฤดูกาล ความต้องการเนื้อแพะในช่วงเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมจะเพิ่มขึ้น และลดลงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคมถึงแม้ว่าในประเทศกำลังพัฒนาจะมีการผลิตเนื้อแพะเพิ่มขึ้น แต่ยังคงประสบกับปัญหาด้านผลผลิตและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ (Devendra. 2010) แต่สำหรับการบริโภคในประเทศไทยพบว่าแนวโน้มการบริโภคเนื้อแพะและแกะของผู้บริโภคใน 5 จังหวัดชายแดนใต้ (ยะลา นราธิวาส ปัตตานี สงขลา และสตูล) เพิ่มขึ้น 1.52 และ 2.03 เท่า หรือคิดเป็นปริมาณ 32,759

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 11,472.04 กิโลกรัมต่อปี ตามลำดับ ผู้บริโภคนิยมบริโภคเนื้อแพะและแกะแบบเป็นตัวมีชีวิต เพศผู้ พันธุ์พื้นเมือง อายุ 2-3 ปี และมีน้ำหนักเฉลี่ย 30-50 กิโลกรัมต่อตัว โดยซื้อจากฟาร์มในท้องถิ่น ชำแหละและจำหน่ายโดยคนไทยมุสลิม เพราะเชื่อมั่นในมาตรฐานฮาลาล ความถี่ในการบริโภคเนื้อแพะเฉลี่ย 2-3 ครั้งต่อปี และเนื้อแกะเฉลี่ย 1 ครั้งต่อปี โดยปัจจัยด้านสถานที่จำหน่ายและราคา มีผลต่อการเลือกบริโภคเนื้อแพะและแกะเป็นอย่างมากและปัจจัยด้านอายุ อาชีพหลัก รายได้ครัวเรือนและการรับรู้ข้อมูลข่าวสารมีอิทธิพลต่อปริมาณการบริโภคเนื้อแกะ (ปริญญา เฉิดโฉม และคณะ. 2558)

ผู้บริโภคเนื้อแพะในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นผู้ที่นับถือศาสนาอิสลาม จากผลการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พ.ศ. 2561 พบว่าประเทศไทยมีประชากรจำนวน 66.42 ล้านคน เป็นผู้นับถือศาสนาพุทธจำนวน 62.10 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 93.50 รองลงมา นับถือศาสนาอิสลาม 3.58 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 5.40 และพบว่าภาคใต้มีสัดส่วนของผู้นับถือศาสนาอิสลามสูงกว่าภาคอื่น ๆ ซึ่งในปี พ.ศ. 2561 เป็นต้นมามีการรายงานว่าในภาคใต้มีการแบ่งเขตการตรวจสอบออกเป็น 9 เขต โดยในพื้นที่เขต 9 มีทั้งหมด 7 จังหวัด และใน พ.ศ. 2557 มีข้อมูลแสดงเป็นตัวเลขจากการรายงานข้อมูลของสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดยะลา ที่แสดงประมาณการบริโภคเนื้อแพะในรอบปีที่ผ่านมาตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2557 โดยมีโรงฆ่าแพะที่ได้รับมาตรฐานและไม่ได้รับมาตรฐาน จำนวน 1 โรง มีจำนวนแพะที่เข้าโรงฆ่าเฉลี่ย 8,415 ตัวต่อปี คิดเป็น 701 ตัวต่อเดือน และมีปริมาณการบริโภคเนื้อแพะทั้งหมดเฉลี่ย 86,880 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็น 86.88 ตันต่อปี ทั้งนี้จังหวัดยะลา มีประชากร 469,726 คน คิดเฉลี่ยบริโภคเนื้อแพะ 184 กรัมต่อคน (สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดยะลา. 2557) ซึ่งผู้บริโภคนิยมรับประทานอาหารที่มาจากการปรุงเองร้อยละ 91.0 และมีการตัดสินใจในการซื้อเนื้อสัตว์ร้อยละ 49.0 และไม่บริโภคเนื้อแพะร้อยละ 84.0 และเหตุผลที่เลือกบริโภคเนื้อแพะเพราะรสชาติดีร้อยละ 54.5 ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมซื้อเนื้อแพะและซื้อแพะที่ยังมีชีวิตอยู่หรือซื้อทั้งตัวมาปรุงอาหาร โดยการซื้อแพะจากฟาร์มเลี้ยงแพะคิดเป็นร้อยละ 53.0 (สุธา โอมณี. 2560) ซึ่งทำให้ภาคใต้เป็นแหล่งบริโภคแพะเนื้อที่สำคัญ นอกจากความต้องการเนื้อแพะจะกระจายตามแหล่งที่อยู่อาศัยของผู้นับถือศาสนาอิสลามแล้ว ยังกระจายไปตามเมืองใหญ่และแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญอีกด้วย ทำให้ความต้องการแพะเนื้อไม่ได้อยู่แค่เพียงชาวไทยมุสลิม แต่ยังรวมถึงชาวไทยเชื้อสายจีนและชาวไทยพุทธบางส่วน รวมทั้งนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ โดยผู้บริโภคแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะความต้องการที่แตกต่างกัน เช่น ผู้บริโภคที่เป็นชาวไทยมุสลิมในภาคใต้ ชาวจีน และชาวพม่า จะนิยมบริโภคแพะทั้งหนังโดยวิธีการขูดหรือเผาขน แต่ผู้บริโภคชาวตะวันออกกลาง และชาวไทยบางส่วน จะนิยมบริโภคเนื้อแพะแบบถลกหนัง เป็นต้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2557)

โดยทั่วไปการแปรรูปเนื้อสัตว์เป็นวิธีหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาและเพื่อเพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค ซึ่งการแปรรูปมีวัตถุประสงค์เพื่อลดกิจกรรมของเอนไซม์ในเนื้อสัตว์ ชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันและป้องกันการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ สามารถทำได้โดยการหมักแห้งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

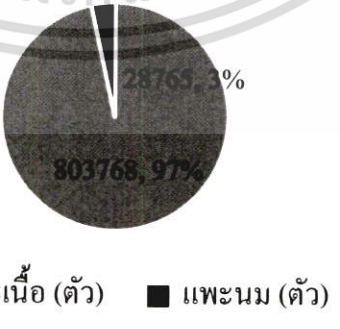
เกลือหรือรมควันเนื้อแพะ (Casey *et al.* 2003) ซึ่งสามารถใช้เนื้อแพะโดยไม่คำนึงถึงสายพันธุ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Rhee *et al.* 2003) แต่เนื้อแพะมีการบริโภคในบางกลุ่มผู้บริโภคเท่านั้น เนื่องจากเนื้อแพะมีกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อแพะที่มีอายุมาก เนื้อมีลักษณะเหนียวจึงเหมาะสมกับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทที่ให้ความร้อนอย่างช้า ๆหรือปรุงอาหารด้วยความกดดันและปรุงอาหารซ้ำ (เช่น แกง และสตูว์)

2.4 ประเภทของเนื้อแพะ

จากจำนวนแพะทั้งหมด 832,533 ตัว จำแนกเป็นแพะเนื้อ 803,768 ตัว (ร้อยละ 96.54) และแพะนม 28,765 ตัว (ร้อยละ 3.46) ตามลำดับ (ภาพที่ 2.2) โดยแพะเนื้อส่วนใหญ่ที่เลี้ยงในพื้นที่เขต 9 มีจำนวน 250,958 ตัว (ร้อยละ 30.14) รองลงมาคือ เขต 7 จำนวน 160,844 ตัว (ร้อยละ 19.32) และเขต 8 จำนวน 126,016 (ร้อยละ 15.14) ตามลำดับ (กรมปศุสัตว์. 2562) ซึ่งแพะเนื้อสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

- เนื้อลูกแพะเป็นเนื้อจากแพะอายุ 8-12 สัปดาห์ มีน้ำหนักแช่เย็น 8-9 กิโลกรัม
- เนื้อแพะรุ่นเป็นเนื้อจากแพะอายุ 1-2 ปี มีน้ำหนักแช่เย็นประมาณ 17-18 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่ง Oman (1999) ได้ศึกษาโดยใช้แพะอายุระหว่าง 4-8, 9-14 และ 15-24 เดือน พบว่าเนื้อแพะเมื่อถึงระยะเจริญพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์เนื้อมากกว่าแพะที่มีอายุน้อยกว่า
- เนื้อแพะแก่เป็นเนื้อจากแพะอายุ 2-6 ปี เป็นแพะถูกคัดทิ้งจากฝูง เนื้อเหนียวและมีคุณภาพต่ำ มีน้ำหนักแช่เย็นประมาณ 19-20 กิโลกรัม

ชิ้นส่วนของแพะที่นำมาบริโภค คือ ซาก อวัยวะภายใน เช่น ตับ ไต หัวใจ ลิ้น สมอง ลำไส้ ม้าม ปอด ซึ่งในประเทศมาเลเซียร้อยละ 61 ของร่างกายแพะสามารถนำมาบริโภคได้ เนื้อแพะมีการบริโภคกัน 3 รูปแบบ คือ เนื้อสด เนื้อแช่เย็น และเนื้อแช่เยือกแข็ง ซึ่งพบว่าเนื้อสดเป็นเนื้อที่นิยมบริโภคมากที่สุด (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 6005-2549)



ภาพที่ 2.2 จำนวนแพะจำแนกตามประเภท
ที่มา : กรมปศุสัตว์ (2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 คุณภาพของเนื้อแพะ

คุณภาพของเนื้อแพะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ เช่น สี กลิ่น ความชุ่มฉ่ำและความนุ่มของเนื้อสัตว์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536) ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ โดยปกติเนื้อแพะมักมีสีแดงเข้ม มีลักษณะเนื้อหยาบและพบว่ามีกลิ่นและกลิ่นรสเฉพาะตัว (Webb *et al.* 2005) ซึ่งเนื้อแพะมีโปรตีนสูง แต่ให้พลังงานต่ำทั้งยังมีปริมาณไขมันรวม ปริมาณไขมันอิ่มตัว และคอเลสเตอรอลน้อยกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น ๆ (ตารางที่ 2.1) เนื้อแพะเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่คำนึงถึงสุขภาพโดยเฉพาะเรื่องของปริมาณไขมันในอาหาร นอกจากนี้เนื้อแพะยังมีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น อีกทั้งยังมีปริมาณของกรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) ใกล้เคียงกับเนื้อโคและเนื้อแกะ (ตารางที่ 2.2) (จันทร์พร เจ้าทรัพย์. 2556) ซึ่งแพะเนื้อเมื่อผ่านการฆ่าและชำแหละหรือผ่านการตัดแต่งชิ้นเนื้อ จะมีเศษเนื้อเกิดขึ้นโดยเศษเนื้อเหล่านี้มีราคาต่ำและไม่เป็นที่ต้องการและไม่เหมาะสมต่อการแปรรูปหรือการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2.1 ค่าโภชนาการของเนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ

โภชนาการ	เนื้อแพะ	เนื้อไก่	เนื้อโค	เนื้อหมู	เนื้อแกะ
แคลอรี่ (กิโลแคลอรี)	143	165	208	252	290
ไขมัน (กรัม)	3.03	3.57	11.07	14.28	21.12
ไขมันอิ่มตัว(กรัม)	0.93	1.01	4.07	5.25	9.08
โปรตีน (กรัม)	75	85	84	96	93
คลอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	27.1	31	25.05	28.88	23.27
ธาตุเหล็ก (มิลลิกรัม)	3.73	1.04	1.66	1.05	1.4

ที่มา : ดัดแปลงจาก USDA Nutrient Database for Standard Reference (2004)

2.5.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะ

ชีพสุมน ชิตมณี (2539) รายงานว่าปริมาณน้ำในเนื้อแพะมีประมาณร้อยละ 74.2-76.0 โปรตีน 20.6-22.3 ไขมัน 0.6-2.6 โดยทั่วไปเนื้อแพะและเนื้อแกะมีปริมาณน้ำ โปรตีน และเถ้าใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณไขมันในเนื้อจะต่ำกว่าไขมันใต้ผิวหนัง ในส่วนของโปรตีนจะประกอบด้วยด้วยกรดอะมิโนทริฟโตฟาน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน มากกว่าเนื้อโคและเนื้อแกะ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้เท่ากับ 97% โดยโปรตีนที่ร่างกายได้รับคือ 10% จากเนื้อแพะ นอกจากนี้เนื้อแพะยังเป็นแหล่งโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็น โดยปริมาณจะแตกต่างกันเล็กน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และเนื้อแพะยังเป็นแหล่งของธาตุเหล็กที่ดีเพราะธาตุเหล็กของฮีมเป็นองค์ประกอบ 5-10% (Casey *et al.* 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันในซากแพะส่วนใหญ่เป็นไขมันไม่อิ่มตัวมีการกระจายตัวที่ดี ซึ่งเป็นไขมันที่มีประโยชน์โดยเฉพาะกรดไขมันโอลีอิก และปาล์มมิติก นอกจากนี้ เฉลิมขวัญ สุขเนียม และคณะ (2552) รายงานว่าปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จัดว่าดีต่อสุขภาพโดยเฉพาะลิโนเลอิก (C18:2) นั้นพบว่ามีในแพะพันธุ์พื้นเมืองสูงกว่าแพะลูกผสม ส่วนระดับของกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) มีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและการเก็บรักษาและรวมถึงกรดไขมัน C18: 0 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมดเพราะไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค ซึ่งอัตราส่วน PUFA/ SFA ควรสูงและเนื้อสัตว์นั้นเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ และปริมาณคลอเรสเตอรอลของเนื้อแพะโดยทั่วไปจะแตกต่างกันระหว่าง 30 และ 60 มิลลิกรัม/100 กรัม (Webb. 2014) นอกจากนี้ไชยวรรณ วัฒนจันทร์และคณะ (2552) รายงานว่าแพะลูกผสมมีปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวชนิดเดี่ยวสูงกว่าปริมาณกรดอะมิโนไลซีน ไอโซลิวซีนและฟีนิลอะลานีน และปริมาณคอเลสเตอรอลสูงกว่าแพะพื้นเมือง นอกจากนี้การเลี้ยงแบบขังคอกและการเลี้ยงแปล่อยมีผลต่อปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดเดี่ยวและเชิงซ้อนโปรตีน และปริมาณคอลลาเจนด้วย

ตารางที่ 2.2 ปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ

กรดอะมิโน (กรัม/100 กรัม)	แพะ	โค	แกะ
Tryptophan	0.306	0.14	0.234
Threonine	0.981	0.849	0.855
Isoleucine	1.042	0.967	0.964
Leucine	1.716	1.691	1.554
Lysine	1.532	1.797	1.765
Methionine	0.552	0.554	0.513
Phenylalanine	0.715	0.84	0.814
Tyrosine	0.633	0.677	0.672
Valine	1.103	1.055	1.078
Arginine	1.512	1.375	1.187
Histidine	0.429	0.678	0.633
Cystine	0.245	0.274	0.239

ที่มา : ดัดแปลงจาก USDA Nutrient Database for Standard Reference (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 คุณภาพทางกายภาพของเนื้อแพะ

จากงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าเนื้อแพะมีการสูญเสียน้ำระหว่างการทำอาหารสูงกว่าเนื้อแกะ (35%) มีผลทำให้ความฉ่ำน้ำของเนื้อแพะน้อยกว่าเนื้อแกะ (Webb. 2014) อย่างไรก็ตามเนื้อแพะมีกลิ่นรสและความนุ่มดีกว่าเนื้อแกะ โดยในเนื้อแพะจะมีคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ละลายน้ำค่อนข้างสูง เมื่อโดนความร้อนในอุณหภูมิที่สามารถละลายคออลาเจนได้จะทำให้เนื้อแพะนุ่มขึ้น ซึ่งสายพันธุ์แพะมีผลต่อกลิ่นรสและความนุ่มของเนื้อด้วย โดยแพะพันธุ์บอร์มีกลิ่นรสและความนุ่มมากกว่าแพะพันธุ์แองโกร่า โดยความนุ่มและกลิ่นรสจะเปลี่ยนแปลงตามอายุและเพศ (Casey. 1992) นอกจากนี้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความนุ่มเนื้อ เช่น อายุ เพศ อัตราการเกิดไกลโคลิซิส จำนวนของคอลลาเจน ความยาวของซาร์โคเมียร์ และการสลายตัวของโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อโดยเอนไซม์โปรติเอส (Protease) (Koohmaraie. 1994) จากคุณภาพทางกายภาพและโภชนาการของเนื้อแพะ ทำให้เนื้อแพะเหมาะสมสำหรับการทำผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป ซึ่งหลังจากแพะถูกฆ่าและผ่านการตัดแต่งจะมีเศษเนื้อที่ไม่เป็นที่ต้องการและมีราคาต่ำ การนำเศษเนื้อแพะมาผลิตเป็นเนื้อขึ้นรูปเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเนื้อแพะและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร โดยผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปจะยังคงคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะไว้ ทำให้เหมาะสำหรับการผลิตเป็นเนื้อสเต็ก เบอร์เกอร์และแพตตี้ (Gadekar *et al.* 2014)

2.5.3 การตัดแต่งเนื้อแพะตามมาตรฐาน

การตัดแต่งเนื้อแพะตามมาตรฐานแบ่งออกเป็น 8 ประเภท ตามที่มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.6005-2549) กำหนด (ภาพที่ 2.3) คือ

1. สันสะเอว (Loins) เป็นชิ้นส่วนซึ่งได้จากการตัดผ่านกระดูกสันหลัง ตรงกระดูกซี่โครงซี่ที่ 12 และ13 จนถึงกระดูกสันหลังข้อสุดท้ายที่ต่อกับส่วนสะโพก (Chump)

2. ขาหลัง (Hind leg) เป็นชิ้นส่วนซึ่งได้จากการตัดขวางตั้งฉากกับแนวยาวของกระดูกขาหลังตรงกระดูกใต้กระเบนเหน็บ (Sacrum) ต่อกระดูกหาง โดยมีส่วนหัวกระดูกขาหลัง (Femur) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร ติดอยู่ด้วย

3. สะโพก (Chump) เป็นชิ้นส่วนซึ่งได้จากการตัดผ่านกระดูกสันหลังส่วนเอวข้อสุดท้าย

4. สันซี่โครง (Rack) เป็นชิ้นส่วนซึ่งได้จากการตัดตามยาวผ่านกระดูกสันหลังระหว่างซี่โครงซี่ที่ 3และ 4 ถึงซี่โครงซี่ที่ 12 โดยตัดแยกส่วนอกออก

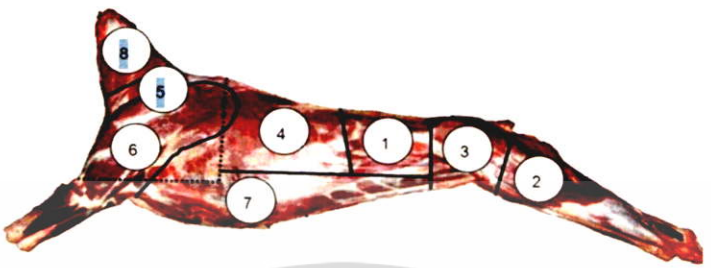
5. ไหล่ (Shoulder) เป็นชิ้นส่วนซึ่งได้จากการตัดตามยาวจากบริเวณส่วนคอต่อกับกระดูกสันหลัง ถึงกระดูกซี่โครงซี่ที่ 3

6. ขาหน้า (Fore leg) เป็นชิ้นส่วนซึ่งได้จากการตัดขาหน้าที่ติดกระดูกใบพายแยกจากส่วนไหล่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. อก (Breast) เป็นชิ้นส่วนของเนื้อส่วนพื้นท้องซึ่งได้จากการตัดตามขวางกระดูกซี่โครงให้ขนานกับกระดูกสันหลัง กว้างประมาณ 1 ใน 3

8. คอ (Neck) เป็นชิ้นส่วนของเนื้อซึ่งได้จากการตัดผ่านกระดูกส่วนคอต่อกับกระดูกสันหลัง



ภาพที่ 2.3 แสดงการตัดแต่งแพะเป็นชิ้นส่วนขนาดใหญ่ 1 สันสะเอว (loins) 2 ขาหลัง (hind leg) 3 สะโพก (chump) 4 สันซี่โครง (rack) 5 ไหล่ (shoulder) 6 ขาหน้า (fore leg) 7 อก (breast) 8 คอ (neck)

ที่มา : มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 6005-2549)

2.6 ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปใหม่ (Restructured meat)

เนื้อขึ้นรูปใหม่เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผลิตได้จากการนำชิ้นเนื้อขนาดเล็กหรือเศษชิ้นเนื้อที่เหลือจากการตัดแต่งมาขึ้นรูปใหม่ โดยการปรับสภาพเนื้อให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตต้องการ เช่น ผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำหรือมีพลังงานต่ำ โดยผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปเริ่มต้นในปี ค.ศ. 1970 โดยการปรับโครงสร้างหรือการขึ้นรูปหมายถึงการนำชิ้นเนื้อขนาดเล็กมายึดติดกันเป็นก้อน โดยใช้โปรตีนจากธรรมชาติ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสคล้ายคลึงกันและเมื่อหั่นหรือตัดเป็นชิ้นเนื้อจะต้องไม่แยกตัวหลุดออกจากกัน เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับเนื้อสเต็กหรือเนื้อย่าง (Gadekar *et al.* 2015) ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เป็นที่ต้องการสำหรับผู้บริโภคและตลาดประเภทเบอร์เกอร์และสเต็ก (Sheard. 2002) เนื้อสัตว์ที่นิยมนำมาผลิตเป็นเนื้อขึ้นรูปใหม่ คือ เนื้อสัตว์ปีก โค สุกร แพะและแกะ ทำให้เนื้อขึ้นรูปใหม่มีชื่อเรียกที่ต่างกันตามชนิดของเนื้อสัตว์นั้น ๆ

ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปใหม่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ เนื่องจากเพิ่มความสะดวกสบายในการเตรียมเนื้อสัตว์ และเนื้อสัตว์ยังมีความชุ่มฉ่ำและรสชาติที่ดีขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปใหม่สามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ แต่ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่ผ่านการขึ้นรูปใหม่มักเกิดการออกซิเดชันของไขมันอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งทำให้สีและรสชาติแย่ลง รวมถึงเกิดการสูญเสียการอุ้มน้ำและแรงเฉือนจากการปรุงอาหารสูงขึ้น (Gadekar *et al.* 2015) โดย Sun (2009) รายงานว่าการใช้เนื้อที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูงและมีการเติมเจลอัลจินหรือเจลแคลเซียม (Algin/Calcium gel) ลงในเนื้อที่มีเยื่อเกี่ยวพันสูงเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มเนื้อสัมผัส นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปใหม่โดยทั่วไปจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยึดจับกันโดยอาศัยการเชื่อมต่อกันระหว่างโปรตีนไมโอฟีบริลที่สกัดได้จากโปรตีนเนื้อสัตว์เมื่อมีการเติมเกลือ ฟอสเฟต และแรงทางกลร่วมด้วย (Acton 1972) และจากการทดลองของ Sen and Karim (2003) พบว่าเนื้อแกะขึ้นรูปใหม่ขนาดความหนา 2-3 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (Purge loss, %) ลดลง นอกจากนี้ Gurikar *et al.* (2014) รายงานว่าเนื้อหมูขึ้นรูปใหม่ความหนา 2-3 เซนติเมตรและให้ความร้อนเป็นเวลา 50 นาที ให้ผลผลิตสูงขึ้น (89.31%) แต่มีค่าแรงเฉือนลดลง นอกจากนี้วัตถุดิบหรือส่วนผสมต่าง ๆ ยังมีบทบาทสำคัญในการผลิตเนื้อขึ้นรูป โดยการใช้เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส (MTGase) 0.1% ร่วมกับเกลือ 3% ให้ผลลัพธ์ที่ดีในการยึดเกาะ และการใช้เอนไซม์ MTGase 0.05-0.01% ร่วมกับโซเดียมเคซิเนท 0.5-0.1% และแช่เย็นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าการยึดเกาะของชิ้นเนื้อดีขึ้น (Gadekar *et al.* 2015)

2.7 กระบวนการปรุงสุกด้วยวิธีการซูวี (Sous-vide)

คำว่า ซูวีหรือซูวีด (Sous vide) แปลมาจากภาษาฝรั่งเศส หมายถึง "การวางภายใต้สุญญากาศ" และการทำอาหารให้สุกด้วยวิธีการซูวีหรือการพาสเจอไรซ์ภายใต้สุญญากาศ (Sous vide pasteurization : SVP) ซึ่งหมายถึงกระบวนการบรรจุอาหารลงในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ แล้วนำมาผ่านความร้อนด้วยการควบคุมอุณหภูมิน้ำที่อุณหภูมิต่ำ (53-81 องศาเซลเซียส) (Schellekens. 1996) ความร้อนจะค่อย ๆ ถ่ายเทสู่ภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้นเนื่องจากการทำลายพันธะที่เชื่อมระหว่างโปรตีนกับโปรตีน แต่อาจจะใช้เวลานานขึ้นอยู่กับความหนาของเนื้อสัตว์ เทคนิคนี้จะทำให้เนื้อสัตว์ไม่สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและความฉ่ำน้ำ (Baldwin. 2012) นอกจากนี้การบรรจุแบบสุญญากาศสามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนระหว่างการเก็บรักษา รวมถึงยับยั้งการเกิดกลิ่นหืนจากการออกซิเดชันของไขมันและป้องกันการสูญเสียรสชาติความชื้นในระหว่างกระบวนการปรุงอาหาร (Gómez *et al.* 2019)

อย่างไรก็ตามวิธีการซูวีสามารถทำให้แบคทีเรียที่เจริญในอาหารลดลง แต่ไม่สามารถทำลายสปอร์ของแบคทีเรียได้ มีผลทำให้อาหารที่ไม่ได้บริโภคทันทีจำเป็นต้องแช่เย็นอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการเจริญของแบคทีเรีย (Roldán *et al.* 2014) นอกจากนี้การพาสเจอไรซ์ยังช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนทานต่อความร้อนต่ำ เช่น แบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ ยีสต์และรา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าของอาหารน้อยที่สุด (วิไล รังสาดทอง. 2546) อย่างไรก็ตามแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ในอาหารที่ผ่านการปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีและบรรจุแบบสุญญากาศ คือ แบคทีเรียที่สร้างสปอร์และสามารถทนทานต่อความร้อนหรือทนสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนรวมถึง *Clostridium botulinum* ซึ่งเจริญได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 3.3-45 องศาเซลเซียส และแบคทีเรียที่เจริญได้ในอาหารบรรจุสุญญากาศ คือ *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* ซึ่งเจริญได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 4-52.3 องศาเซลเซียส ส่วนแบคทีเรียที่ไม่ก่อให้เกิดสปอร์และทนต่อสภาวะออกซิเจนต่ำ (Anaerobes) ได้แก่ *Salmonella* spp. , *Escherichia*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

coli และแบคทีเรียที่ก่อโรค เช่น *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica* และ *Listeria* spp. โดยที่แบคทีเรียสองชนิดสามารถทนต่อสภาวะแช่เย็น คือ *Listeria* spp. และ *Y. enterocolitica* ซึ่งสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำสุด -1.5 องศาเซลเซียส (Baldwin. 2012) และ Francois (2013) รายงานว่าข้อกำหนดด้านกฎระเบียบและมาตรฐานด้านความปลอดภัยในอาหารของประเทศโคลัมเบีย คืออาหารที่ปรุงด้วยอุณหภูมิที่ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ต้องแช่เย็นภายใน 6 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการเจริญของสปอร์แบคทีเรีย และ Díaz *et al.* (2008) ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมคือ ควรลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 3 องศาเซลเซียส ภายใน 2 ชั่วโมงหลังการให้ความร้อน ซึ่งอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 3 องศาเซลเซียส จะช่วยป้องกันการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในเนื้อสัตว์ปรุงสุกด้วยวิธีการซูวี นอกจากนี้แบคทีเรียแลคติกอาจเป็นสาเหตุหลักของการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีโดยจะสร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์และในสภาวะไม่มีอากาศซึ่งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์บวมขึ้นหรือเปลี่ยนสีของเนื้อแม้ว่าจะเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็น Francois (2013) รายงานว่าอาหารทุกชนิดควรตรวจพบแบคทีเรียไม่ควรเกิน 7.0 log cfu/g และวัตถุประสงค์หลักของการพาสเจอไรซ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ คือการทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งเวลาและอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์อาหารขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ที่ต้องการทำลายและความไวต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์ (วิไล รังสาดทอง. 2546)

นอกจากนี้ Baldwin (2012) รายงานว่าวิธีการซูวีจะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัวมากขึ้นโดยโปรตีนไมโอฟิบริลลาที่ประกอบด้วยไมโอซิน (Myosin) และแอคติน (Actin) ซึ่งจะเริ่มหดตัวประมาณ 65-70% ที่อุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส และหดตัวเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำและการขยายตัวของไมโอฟิบริล (Myofibrils) ลดลงประมาณ 80% เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ความร้อนแก่เนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิระหว่าง 40 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัวและสูญเสียน้ำระหว่างปรุงสูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิในการซูวีสูงขึ้นจะทำให้การสูญเสียน้ำและการหดตัวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ Byrne (1986) รายงานว่ากระบวนการทำให้สุกตามด้วยการทำให้เย็นในการผลิตอาหาร เช่น เนื้ออบ หรือที่เรียกว่าผลิตภัณฑ์สำหรับคนรุ่นใหม่ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้กำลังแทนที่อาหารที่ต้องอุ่นให้ความร้อนเป็นเวลานานก่อนนำไปบริโภค วิธีนี้จะช่วยลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพการบริโภคและมีราคาถูก

2.8 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิแช่เย็นและการแช่เยือกแข็ง

การใช้ความเย็นในการถนอมอาหารมีความสำคัญต่อการผลิตอาหารทั้งในระดับครัวเรือนและในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งการใช้ความเย็นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ การแช่เย็นหรือการใช้อุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็ง (0-4 องศาเซลเซียส) และการแช่เยือกแข็งหรือการใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 การแช่เย็น (Refrigeration)

การแช่เย็นเป็นวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ไว้ในอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง หรือการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นหรือตู้เย็น เรียกว่า การแช่เย็น (Refrigeration) ที่อุณหภูมิประมาณ -1 ถึง 8 องศาเซลเซียส เพื่อลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารสดหรืออาหารแปรรูป วิธีนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุด (วิไล รังสาดทอง. 2546) และการใช้ความเย็นในการถนอมผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์มักใช้เวลาตั้งแต่ 24 ชั่วโมงไปจนถึงหลายสัปดาห์หลังการแปรรูป เพื่อเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อแปรรูป ซึ่งการใช้อุณหภูมิต่ำจะทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์รวมถึงปฏิกิริยาของเอนไซม์ช้าลง นอกจากนี้ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์สามารถเก็บไว้ได้นาน รวมถึงช่วยกระจายสินค้าไปยังตลาดและทำให้รูปแบบการจัดหาสินค้าราบรื่นขึ้นสำหรับผู้บริโภค อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์และสีของเนื้อเปลี่ยนแปลงไปสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ให้แก่ผู้บริโภคได้ (Coombs *et al.* 2017a) นอกจากนี้อาหารสามารถแบ่งตามอุณหภูมิในการเก็บรักษาได้ 3 กลุ่ม คือ

- อาหารสด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -1 ถึง +1 องศาเซลเซียส เช่น ปลาสด เนื้อสด ไส้กรอก เนื้อบด เนื้อรมควัน
- อาหารพาสเจอไรซ์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 ถึง +1 องศาเซลเซียส เช่น เนื้อกระป๋อง นม ครีม โยเกิร์ต
- อาหารที่ผ่านความร้อนจนสุกแล้ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 ถึง +8 องศาเซลเซียส เช่น เนื้อหมักที่สุกหรือไม่สุก เนย พายเนื้อปรุงสุก (วิไล รังสาดทอง. 2546)

ส่วนแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียที่อุณหภูมิแช่เย็น ได้แก่ แบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria), Enterobacteriaceae, *C. perfringens* และ *Brochothrix thermosphacta* พบว่ามีจำนวนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาแบบแช่เย็น ยกเว้นแบคทีเรียแลคติกและ *C. perfringens* ที่เพิ่มจำนวนในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนเท่านั้น ซึ่ง Díaz *et al.* (2008) รายงานว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีเกิดการเน่าเสียอาจเป็นผลมาจากแบคทีเรียกแลคติกสร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ โดยเกณฑ์ที่จะบอกการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ คือ แบคทีเรียแลคติกไม่ควรเกิน 7.0 log cfu/g และแบคทีเรียที่ใช้อากาศไม่ควรเกิน 5.0-7.0 log cfu/g (Coombs *et al.* 2017b)

2.8.1.1 การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิแช่เย็น

1) การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สามารถเกิดได้จากขั้นตอนระหว่างการตัดแต่งชิ้นเนื้อ การแปรรูปและการบรรจุภัณฑ์อาจจะเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่พบการปนเปื้อนมากที่สุดได้แก่ แบคทีเรียแลคติกที่ทำให้เกิดกลิ่นเปรี้ยว *Lactobacillus viridescens* ที่ทำให้เนื้อมีสีเขียว และยีสต์บางสายพันธุ์ที่ทนเกลือ ซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดเมือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนผิวผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบมากในผลิตภัณฑ์เนื้อที่บรรจุสุญญากาศ ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ต้องมีการเติมสารไนไตรท์ เพื่อช่วยยับยั้งการเจริญและการสร้างสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ และไนไตรท์ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เกิดสีชมพู-แดง และเกิดกลิ่นเฉพาะอีกด้วย (สุจิตรา เลิศพฤกษ์. 2535) ซึ่งผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงมีการบรรจุแบบสุญญากาศ การเสื่อมเสียอาจเกิดจากจุลินทรีย์ในกลุ่มที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจนที่สามารถเจริญภายในชิ้นเนื้อและก่อให้เกิดปัญหาการเน่าเสีย เช่น การเกิดกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เนื้อ (Taint) การมีกลิ่นรสเปรี้ยว (Souring) และการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน (Putrefaction)

2) การเสื่อมเสียด้านเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยทั่วไปการเปลี่ยนสีในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เกิดจากไนโตรโซไมโอโกลบิน (Nitrosomyoglobin) ซึ่งเป็นสารที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างไมโอโกลบินกับไนไตรท์ที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อถูกออกซิไดซ์ทำให้เนื้อมีสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้จะเกิดเร็วขึ้นเมื่อมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนการออกซิเดชันของไขมันโดยทั่วไปการออกซิไดซ์ของไขมันมักขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ และมีเกลือเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อเหม็นหืนได้ง่าย นอกจากนี้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันยังทำให้สีของผลิตภัณฑ์ซีดจางลงด้วย (สุจิตรา เลิศพฤกษ์. 2535)

2.8.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิแช่เย็น

1) จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น เป็นปริมาณของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาก่อนการเก็บรักษา ถ้ามีปริมาณมากจะทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง จุลินทรีย์เหล่านี้อาจปนเปื้อนมาระหว่างการฆ่า การตัดแต่งซาก การผลิต การแปรรูป และการใช้บรรจุภัณฑ์

2) อุณหภูมิ การคงอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาให้คงที่ ณ อุณหภูมินั้น ๆ มีความจำเป็นต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื่องจากจุลินทรีย์บางกลุ่มสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิแช่เย็น เช่น *Listeria* spp. และ *Y. enterocolitica* ซึ่งสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำสุด -1.5 องศาเซลเซียส รวมถึง *C. botulinum* ซึ่งเจริญได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 3.3-45 องศาเซลเซียส และแบคทีเรียที่เจริญได้ในอาหารบรรจุสุญญากาศ คือ *B. cereus* และ *C. perfringens* ซึ่งเจริญได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 4-52.3 องศาเซลเซียส หากระหว่างเก็บรักษามีอุณหภูมิไม่คงที่หรือสูงกว่าอุณหภูมิที่ควรจะเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษอาจเจริญได้ (Baldwin. 2012)

3) การใช้บรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีการดูดอากาศออกก่อนปิดผนึก ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทมีสภาวะเป็นแบบสุญญากาศ ซึ่งเป็นผลทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษา แต่ขณะเดียวกันอาจเอื้ออำนวยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน เช่น *C. botulinum* และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียจากปนเปื้อนในอาหารก่อนการบรรจุ แต่การเจริญจะขึ้นกับอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Anderson *et al.* 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การแช่เยือกแข็ง (Freezing)

การแช่เยือกแข็งเป็นกรรมวิธีการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งโดยส่วนของน้ำจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นผลึกน้ำแข็ง การตรึงน้ำกับน้ำแข็งและความเข้มข้นในน้ำที่ยังไม่แข็งตัวทำให้ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ของอาหารลดลง จึงถือเป็นการถนอมอาหารโดยการลดอุณหภูมิ และถ้าใช้วิธีการแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษาที่ถูกต้อง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านโภชนการและประสาทสัมผัสน้อยลง (วิไล รังสาดทอง. 2546) นอกจากนี้การแช่เยือกแข็งเป็นการรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อที่มีความปลอดภัยในระยะยาว โดยระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และป้องกันการเน่าเสียเพื่อการส่งออกผลิตภัณฑ์เนื้อ Das *et al.* (2008) รายงานว่าการเก็บรักษานักเก็ตเนื้อแพะแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและลักษณะทางประสาทสัมผัส และช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ลงตลอดการเก็บรักษา ซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่เจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

นอกจากนี้การแช่เยือกแข็งแบบรวดเร็วจะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ๆ รอบผลิตภัณฑ์รวมถึงภายในเซลล์และช่องระหว่างเซลล์ด้วย เป็นสาเหตุทำให้อายุการเก็บรักษาในสภาวะแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำกลายเป็นผลึกน้ำแข็งภายนอกเซลล์ทำให้แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำในการดำรงชีวิตได้ ยกเว้นยีสต์บางชนิดซึ่งถ้าอาหารหรือผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูปยังไม่แข็งตัว จุลินทรีย์จึงสามารถเจริญได้จนกว่าอุณหภูมิจะต่ำกว่า -9 องศาเซลเซียส และเมื่อเกิดผลึกน้ำแข็งขยายตัวขึ้นเซลล์ข้างเคียงจะได้รับผลกระทบโดยผนังเซลล์เกิดการฉีกขาดทำให้น้ำจากเซลล์เคลื่อนตัวออกมาจากเซลล์มีผลทำให้เซลล์เกิดการสูญเสียน้ำ (วิไล รังสาดทอง. 2546) อย่างไรก็ตามปริมาณของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ก่อนและหลังแปรรูปมีผลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูป ซึ่งหากปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์มีน้อยผลิตภัณฑ์นั้นก็สามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานานขึ้น การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านกายภาพในระหว่างการเก็บรักษาที่แช่เยือกแข็ง คือ ความชื้นลดลง ค่าการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้มีศักยภาพสูงสุด ซึ่งอายุการเก็บรักษาคือระยะเวลาการเก็บรักษานับจากเวลาที่เริ่มแช่เยือกแข็งตลอดจนผลิตภัณฑ์ยังคงรักษาลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสำหรับการบริโภคของผู้บริโภคโดยใช้คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และลักษณะทางประสาทสัมผัส เป็นข้อบ่งชี้ในการประเมินระยะเวลาการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง (Marapana *et al.* 2018)

Coombs *et al.* (2017a) รายงานว่าการแช่เยือกแข็งมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เช่นเดียวกับการแช่เย็น แต่อัตราการย่อยสลายโปรตีนจะหยุดชะงักเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์คาลเปน (Calpain) ถูกยับยั้ง ด้วยเหตุนี้การเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งจึงมีผลต่อความนุ่มและค่าแรงเฉือน ซึ่งการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส มีความเชื่อมโยงกับความสามารถในการละลายของโปรตีน โดยการแช่เยือกแข็งส่งผลต่อเสถียรภาพของสีเนื้อแกะซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงออกผ่านค่าสี (L*, a*, b*) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Muela *et al.* (2015) ที่พบว่าในเก็บรักษาเนื้อแกะที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในเนื้อแกะได้ และ Fernández *et al.* (2007) รายงานว่าการเก็บรักษาแช่เยือกแข็งในระยะยาวไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเนื้อเยื่อ แต่ขนาดของผลึกน้ำแข็งที่ใหญ่ขึ้นจากการแช่เยือกแข็งในเวลาที่แตกต่างกันอาจเพิ่มการสูญเสียน้ำจากการละลายและขั้นตอนการแช่เยือกแข็งโดยเริ่มจากการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลงจากกนั้นผลิตภัณฑ์จะค่อย ๆ ตกผลึกเป็นน้ำแข็ง จนผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส

2.9 การทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์และอาหารแปรรูป

นิยามและการทดสอบหาอายุการเก็บรักษาคือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารโดยทั่วไปจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่ต้องการระยะเวลาการเก็บรักษาหรือการบ่มที่เหมาะสม เพื่อให้ส่วนประกอบต่าง ๆในอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ ทำให้เกิดกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสหรือลักษณะปรากฏเป็นไปตามที่ต้องการ อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารเริ่มนับตั้งแต่เวลาผลิตจนถึงเวลาที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งน่าจะเป็นที่เข้าใจได้ง่าย (คัชรินทร์ ศิริวงศ์. 2558) แต่มักพบว่ายังมีความสับสนในการกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เสมอ รวมทั้งนิยามการเก็บรักษายังมีหลายความหมาย ซึ่งการบริโภคอาหารที่หมดอายุแล้วอาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นการระบุอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารด้วยการแสดงวันที่ผลิตหรือวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์อาหารจึงกำหนดเป็นข้อบังคับทางกฎหมาย ซึ่งสามารถแสดงได้หลากหลายแบบ เช่น บรรจุเมื่อ (Pack date) ผลิตเมื่อ (Display date) วันหมดอายุ (Pull date) ควรบริโภคก่อน (Best before date) และใช้ก่อนวันที่ (Used by date) (วิไล รังสาดทอง. 2546)

สำหรับประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดให้แสดงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 410) พ.ศ. 2562 เรื่อง การแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ (ฉบับที่ 4) เพื่อการควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์ โดยมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติได้ระบุว่า ผลิตภัณฑ์ปรุงสุกแล้วแช่เย็นหรือแช่เยือกแข็งและต้องอุ่นก่อนบริโภค ต้องห่อหุ้มด้วยบรรจุภัณฑ์ปิดสนิทที่มีคุณสมบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่เกี่ยวกับภาชนะบรรจุ ซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2532 เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและกลิ่นแปลกปลอมจากภายนอก อย่างไรก็ตาม มกอช. 6005-2549 และประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการกำหนดอุณหภูมิในการเก็บรักษาอาหารสดในสถานที่จำหน่ายอาหาร พ.ศ. 2561 ระบุว่าเนื้อแพะที่บรรจุในภาชนะบรรจุแล้ว ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิใจกลางเนื้อไม่สูงกว่า 4 องศาเซลเซียส โดยให้เก็บได้ไม่เกิน 7 วัน แต่ถ้าอุณหภูมิใจกลางเนื้อเกินกว่า 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส ให้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ซึ่งพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนปนนท์ (2555) ได้อธิบายว่าผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่ผ่านการแปรรูปควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า -15 องศาเซลเซียสในสภาวะแช่เยือกแข็ง เพื่อยืดอายุของผลิตภัณฑ์โดยปกติอาหารแช่เย็นที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุผลิตภัณฑ์ได้นานประมาณ 1-2 เดือน ส่วนอาหารแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 9-12 เดือน

2.9.1 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิต่ำในสภาวะแช่เย็นแช่เยือกแข็ง

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบบแช่เย็นแช่เยือกแข็งเป็นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ลดกระบวนการเมทาบอลิซึมของจุลินทรีย์รวมถึงปฏิกิริยาของเอนไซม์ รักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และป้องกันการเน่าเสียเพื่อการส่งออก โดยมีผลต่อค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (Water activity) นอกจากนี้ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สามารถเก็บไว้ได้นาน ช่วยกระจายตลาดและทำให้รูปแบบการจัดหาสินค้าที่ราบรื่นขึ้นแก่ผู้บริโภค (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2560)

2.9.1.1 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบบแช่เย็น มีความสำคัญอย่างมากในแง่ของการกระจายสินค้า โดยมีหน่วยงานหลายแห่ง เช่น USDA European Economic Community (EEC) และ FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/ World Health Organization) ที่ให้ความสนใจเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ โดยในประเทศสหรัฐอเมริกามีปัญหาเรื่องเนื้อไก่ที่ไม่ได้แช่เย็นเกิดการเน่าเสีย ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างเมือกบนผิวหน้าอาหาร โดยการเน่าเสียของเนื้อไก่เกิดจากการเจริญของแบคทีเรียเมื่อเก็บรักษาที่ 0 และ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 และ 2 วัน ทำให้เนื้อไก่ที่วางจำหน่ายส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของเนื้อไก่แช่เยือกแข็ง (วิไล รังสาดทอง. 2546) และ Gadekar *et al.* (2014) รายงานว่าเนื้อแพะขึ้นรูปหมักเกลือระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน มีค่าสีแดงสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา แต่การออกซิเดชันของไขมันลดลง เนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีการเติมสารยับยั้งการออกซิเดชันและค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงโดยเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียแลคติก ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาให้นานขึ้นจะทำให้คุณภาพของเนื้อแพะขึ้นรูปหมักเกลือลดลง

2.9.1.2 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบบแช่เยือกแข็ง จำเป็นต้องเก็บรักษาไว้ในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิประมาณ -18 หรือ -25 องศาเซลเซียส โดยผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบบแช่เยือกแข็งมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 6-12 เดือน (ตารางที่ 2.3) ซึ่งการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิต่ำจะยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ห่อหุ้มต้องมีคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันการสูญเสียน้ำและกลิ่นออกจากผลิตภัณฑ์ รวมถึงการซึมผ่านของออกซิเจนเพื่อป้องกันการออกซิเดชันของไขมัน (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนปนนท์. 2555)

2.9.2 การประเมินอายุการเก็บด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์แบบเร่ง (Accelerated Shelf -Life Testing : ASLT)

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยทั่วไปสามารถทำได้ด้วยกัน 4 วิธี คือ การใช้ข้อมูลที่เคยมีอยู่แล้วมาประเมิน การหาฟังก์ชันของ Distribution turnover time การใช้สภาวะที่ไม่ปกติ และการทดสอบที่สภาวะเร่ง (Accelerated Shelf Life Testing: ASLT) แต่ในการศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งเน้นที่การประเมินอายุการเก็บรักษาโดยการทดสอบที่สภาวะเร่งเป็นหลัก เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดและนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยทำการประเมินมาก่อนเพื่อให้ทราบอายุการเก็บรักษาและนำไปใช้ปรับปรุงสูตรอาหาร ก่อนผลิตออกจำหน่ายครั้งต่อไปและเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ผลิตในการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (คงวุฒิ นิรันตสุข. 2549) ซึ่งหลักการของการทดสอบอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งจะเน้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแง่คุณภาพทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ จุลินทรีย์ การทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเร่งสภาวะแวดล้อมที่ส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดการเสื่อมเสียด้วยอัตราที่เร็วกว่าปกติ เช่น การเพิ่มอุณหภูมิ และนำสมการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยอาศัยหลักการจลนพลศาสตร์ (Kinetic) และสมการอาร์เรเนียส (Arrhenius) เพื่อคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สนใจ แล้วนำมาทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป (Corradini and Peleg. 2007)

2.9.2.1 สมการจลนพลศาสตร์หรือแบบจำลองทางจลนพลศาสตร์ (Kinetic model) คือ การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยา (Rate of reaction) และกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่นิยมใช้บ่งบอกลักษณะการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารมี 3 สมการ (ดัชรินทร์ ศิริวงศ์. 2558; Piedrahita *et al.* 2015)

1) อัตราการเกิดปฏิกิริยา คือ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้นในผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาคือ ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงต่อหน่วยเวลาหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยเวลา

2) ประเภทของอัตราการเกิดปฏิกิริยา มี 2 ประเภท คือ

- อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย (Average rate) หมายถึงปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดหรือสารตั้งต้นที่ลดลงทั้งหมดต่อเวลาทั้งหมดที่เกิดปฏิกิริยา

- อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous rate) หมายถึงปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหรือสารตั้งต้นที่ลดลง ณ ขณะใดขณะหนึ่งต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาช่วงนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ เกิดได้เร็วหรือช้าต่างกันและแม้แต่ปฏิกิริยาเดียวกัน ถ้าเกิดภายใต้สภาวะที่ต่างกันก็มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกันด้วย ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ

ตารางที่ 2.3 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ณ อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง

ผลิตภัณฑ์	อายุการเก็บรักษา (เดือน)		
	-18 °C	-25 °C	-30 °C
เนื้อโค (Beef carcass)	12	18	24
เนื้อย่าง (Roasts), สเต็ก (Steaks)	12	18	24
เศษเนื้อ (Ground meat), ไม่ใส่เกลือ	10	>12	>12
เนื้อลูกวัว (Veal carcass)	9	12	24
เนื้อย่าง (Roasts), เนื้อบด (Chops)	9	10-12	12
เนื้อลูกแกะ (Lamb carcass)	9	12	24
เนื้อย่าง (Roasts), เนื้อบด (Chops)	10	12	24
เนื้อหมู (Pork carcass)	6	12	15
เนื้อย่าง (Roasts), เนื้อบด (Chops)	6	12	15
ไส้กรอกจากเศษเนื้อ (Ground sausage)	6	10	-
เบคอน (Bacon) ไม่รมควัน	2-4	6	12
น้ำมันหมู (Lard)	9	12	12
สัตว์ปีก	12	24	24
ไก่ทอด (Fried chicken)	6	9	12
เครื่องใน (Edible)	4	-	-

ที่มา : Recommendation for the processing and handling of frozen food Paris (1972)

4) อันดับปฏิกิริยา (Sewald and DeVries. 2017)

4.1) ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (Zero order reaction) เป็นปฏิกิริยาที่นิยมพบในผลิตภัณฑ์อาหาร มีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาคงที่และมีการเปลี่ยนแปลงค่าแบบเส้นตรง โดยไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้น โดยใช้กฎอัตราดังนี้

$$C_t - C_0 = Kt \quad \text{Zero order} \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2) ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (First-order reaction) เป็นปฏิกิริยาที่นิยมพบในผลิตภัณฑ์อาหารมีการเปลี่ยนแปลงค่าแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยค่าที่ได้ขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์

$$\ln (C_0/C_t) = Kt \quad \text{First order} \tag{2.2}$$

4.3) ปฏิกิริยาอันดับสอง (Second-order reaction) เป็นปฏิกิริยาที่ไม่พบในผลิตภัณฑ์อาหารมีการเปลี่ยนแปลงค่าแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยค่าที่ได้ขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับปฏิกิริยาลำดับหนึ่งหรือขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นสองชนิด แต่ละชนิดยกกำลังหนึ่ง

$$(1/C_0) - (1/C_t) = Kt \quad \text{Second order} \tag{2.3}$$

เมื่อ C_0 = ค่าของคุณลักษณะที่สนใจ ณ จุดเริ่มต้นของอายุการเก็บรักษา

C_t = ค่าของคุณลักษณะที่สนใจ ณ จุดใด ๆของอายุการเก็บรักษา

K = Reaction rate constant

t = อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (วัน)

2.9.2.2 สมการอาร์เรเนียสหรือกฎอัตรา (Arrhenius model) ที่สามารถบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับสภาวะต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งหมด (Hu *et al.* 2019; Piedrahita *et al.* 2015; Hough *et al.* 2006) ซึ่งจากกฎอัตรา rate = $k [A]^m[B]^n$ บอกได้แต่เพียงว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดปฏิกิริยา แต่ค่าคงที่อัตราอาจเปลี่ยนแปลงไปได้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปหรือมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ค่าคงที่อัตราจะเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิและพลังงานก่อกัมมันต์ (ตัวเร่งปฏิกิริยา) เปลี่ยนไปจากสมการนี้ไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงได้ แต่มีสมการอยู่สมการหนึ่งที่สามารถบอกความสัมพันธ์ของสามตัวแปรนี้ได้ นั่นคือ สมการอาร์เรเนียส (Arrhenius equation) (Piedrahita *et al.* 2015; Hough *et al.* 2006)

$$k = k_0 \exp (-Ea/RT) \tag{2.4}$$

จากสมการที่ (4) สามารถเขียนสมการใหม่ให้อยู่ในรูปลอกาลิทึมคือ

$$\ln k = \ln k_0 + (-Ea/R)(1/T) \tag{2.5}$$

เมื่อ k_0 = แฟกเตอร์ความถี่ (Frequency factor) ซึ่งมีค่าคงที่ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างพอสมควรสำหรับแต่ละปฏิกิริยา

k = ค่าคงที่อัตราที่อุณหภูมิ T ใด ๆ (rate constant)

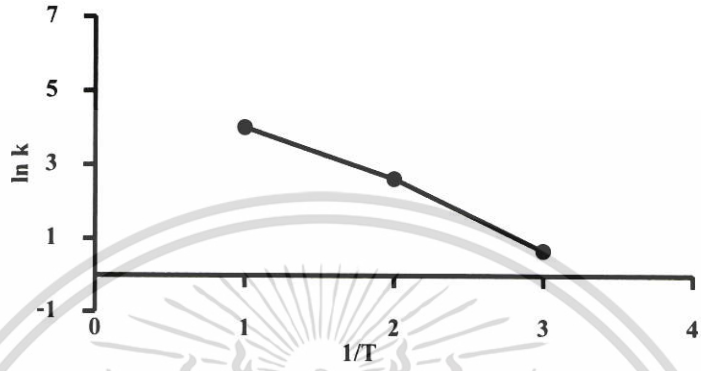
Ea = พลังงานก่อกัมมันต์ (Activation energy) ของปฏิกิริยา (kJ/mol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R = อัตราคงที่ของแก๊สเฉื่อย (8.314 J/mol K)

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (หน่วย K)

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ln k กับ 1/T มีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรง และมีค่าความชันเท่ากับ -Ea/R และมีจุดตัดแกน ln k ที่จุด ln k = ln k_0 (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาและอุณหภูมิ ในรูปของ ln k และ 1/T

การเลือกปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถทำได้ โดยทั่วไปจะใช้ข้อมูลทางวิชาการเพื่อประกอบการตัดสินใจ หากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถหาข้อมูลดังกล่าวได้ อาจใช้วิธีทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล ซึ่งอาจต้องเสียเวลาในการเก็บข้อมูลนาน ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จึงนิยมใช้สภาวะเร่งร่วมกับการทดลองที่สภาวะปกติ เพื่อศึกษาข้อมูลซึ่งอุณหภูมิของการทดลองในสภาวะเร่งของผลิตภัณฑ์เนื้อชนิดต่าง ๆ ที่นิยมใช้อุณหภูมิตามตารางที่ 2.4 โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา หากมีความสนใจการศึกษาโดยใช้ Q10 จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่มีความแตกต่างกัน 10 องศาเซลเซียส เป็นต้น

ตารางที่ 2.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาอายุการเก็บแบบสภาวะเร่ง

ผลิตภัณฑ์	อุณหภูมิที่ใช้ศึกษา (องศาเซลเซียส)
อาหารแช่แข็ง	-40 (control) -15 -10 -5
อาหารแช่เย็น	4 (control) 0 10 20
อาหารแห้งและอาหารที่มีความชื้นปานกลาง	0 (control) 23 (room temp.) 30 35 40 45
อาหารบรรจุกระป๋อง	5 (control) 23 (room temp.) 30 35 40

ที่มา : ดัดแปลงจาก Komolprasert (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2.3 ขั้นตอนการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ มีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงที่จะใช้เป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยอาศัยคุณลักษณะทางด้านจุลินทรีย์ เคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา โดยใช้ทฤษฎีจลนพลศาสตร์ในการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของค่าพารามิเตอร์ในระหว่างกระบวนการต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา สามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีจลนศาสตร์ดังสมการ

$$\frac{-dQ}{dt} = \pm kQ^m \qquad (2.6)$$

เมื่อ Q = ความเข้มข้นของส่วนประกอบที่สนใจที่เวลา t

t = เวลา

k = อัตราเร็วของปฏิกิริยา

m = อันดับของปฏิกิริยา

จากสมการจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น คือ อันดับของปฏิกิริยา โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงพื้นฐานที่เกิดขึ้นในอาหารมักเป็นปฏิกิริยาลำดับศูนย์ (Zero order) อันดับหนึ่ง (First order) และอันดับสอง (Second order) (Santiao *et al.* 2004)

จากการศึกษาของ Kaczmarek *et al.* (2015) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3, 6, 9, และ 18 องศาเซลเซียส พบว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันจัดอยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero order) และ Wenjiao *et al.* (2014) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส จัดอยู่ในปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง แสดงให้เห็นว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันสามารถจัดอยู่ในปฏิกิริยาลำดับศูนย์หรือหนึ่งได้

2) การศึกษาอัตราเร็วของปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงที่เลือกไว้ โดยใช้ข้อมูลทางด้านจุลินทรีย์ เคมี-กายภาพ หรือการทดสอบทางประสาทสัมผัส ณ อุณหภูมิที่มากกว่า 1 อุณหภูมิ ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาหาค่าพลังงานกระตุ้น (Ea) และอัตราปฏิกิริยาของปัจจัย (ณ อุณหภูมิ) (k_0) ได้ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาและอุณหภูมิ ในรูปของ ln k และ 1/T ซึ่งจะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ -Ea/R และจุดตัดแกน y เท่ากับ $\ln k_0$ ซึ่งมาจาก สมการ $\ln k = \ln k_0 + (-Ea/R)(1/T)$ (ภาพที่ 2.4) จากนั้นสามารถนำค่าอัตราเร็วของปฏิกิริยามาคำนวนโดยใช้สมการจากกราฟเพื่อคำนวณค่าจากสมการอาร์เรเนียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การหาระยะเวลาที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจุดที่กำหนดไว้หรือสามารถยอมรับได้ จากสมการที่ (2.5) สามารถคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลทางด้านจุลินทรีย์ เคมี-กายภาพ หรือการทดสอบทางประสารทสัมผัส ณ อุณหภูมิที่มากกว่า 1 อุณหภูมิ เพื่อใช้ในการคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้จากสมาการเกิดปฏิกิริยาลำดับศูนย์ หนึ่ง และสอง เมื่อทราบค่า C_0 และ C_t ซึ่งมีค่าจุลินทรีย์ เคมี-กายภาพ และการทดสอบทางประสารทสัมผัส ณ จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด ด้วยสมการจลนพลศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ-สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1.1 วัตถุดิบ

1) เนื้อแพะ (สายพันธุ์พื้นเมือง x แองโกนูเบียน x บอร์ เพศผู้ อายุ 15 เดือน น้ำหนัก 40-50 กิโลกรัม)
2) โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride)
3) โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate, เคมีภัณฑ์, ประเทศไทย)
4) น้ำเย็น
5) ซีอิ๊วขาว (Premium soy sauce, Yan wal yun co., Ltd. Thailand)
6) น้ำมันหอย (Oyster sauce, Tramakrua co., Ltd. Thailand)
7) น้ำส้มสายชู (Organic Apple cider vinegar With the Mother, BRAGG, ACV, USA)
8) เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส (Tranglutaminase, Ajinomoto, Thailand co.th)
9) โซเดียมเคซิเนท (Sodium caseinate, Solution Ingredient, Thailand)

3.1.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1) 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (Sigma, Germany)
2) 2-Thiobarbituric acid (TBA) (Sigma, Germany)
3) Absolute ethanol 96% (Merck, Germany)
4) Agar-agar (Sigma, Germany)
5) Alcohol (ScharlauChemie S. A., Spain)
6) Alcoholic naphtol solution
7) Baird Parker agar (Meark, Germany)
8) Bovine Serum Albumin (Sigma, Germany)
9) Buffered Listeria Enrichment Broth (Meark, Germany)
10) Ethanol 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) Folin-Ciocalteu reagent	(Meark, Germany)
12) HE agar	(Meark, Germany)
13) Hydrochloric acid (HCl)	(Sigma, Germany)
14) Iodine	(Meark, Germany)
15) Kovac	(Meark, Germany)
16) Listeria Selective Supplement	(Meark, Germany)
17) LMX broth	(Meark, Germany)
18) Lysine Iron Agar (LIA)	(Meark, Germany)
19) Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar	(Meark, Germany)
20) Methanol	(Rci labscan, Australia)
21) Methyl red-Voges Proskauer (MR-VP) broth	(Meark, Germany)
22) MRS broth	(Meark, Germany)
23) Mueller Kauffmann Tetrathionate Novobiocin Broth	(Meark, Germany)
24) Na_2CO_3 (Sodium carbonate)	(Sigma-Aldrich, Germany)
25) Plate count agar (PCA)	(Meark, Germany)
26) Polymyxin B Selective Supplement	(Meark, Germany)
27) Potassium hydroxide	(Merck, Germany)
28) Potassium iodine	(Meark, Germany)
29) Potassium sulfate (K2SO4)	(Sigma, Germany)
30) Potato dextrose agar	(Meark, Germany)
31) Rappaport-Vassiliadis medium (RV broth)	(Meark, Germany)
32) Sodium acetatetrihydrate	(CARLO ERBA, Italy)
33) Sodium chloride (NaCl)	(Merck, Germany)
34) Sodium citrate	(Univar, Australia)
35) Sodium hydroxide (NaOH)	(Sigma, Germany)
36) Streptomycinthallous Acetate-Actidione (STAA)	(Meark, Germany)
37) Tellurite	(Meark, Germany)
38) Trichloroacetic acid (TCA)	(Meark, Germany)
39) Triple Sugar Iron (TSI)	(Meark, Germany)
40) Trisodium citrate	(Unilab, Australia)
41) Tryptone Soya Agar	(Hi-media, India)
42) Modified Oxford Listeria supplement	(Oxiod, UK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43) Oxford Listeria agar base (Oxoid, UK)

3.1.3 วัสดุ-อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) กระดาษกรอง (Whatman, Sigma-Aldrich, England)
2) เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์ที่จำเป็น
3) เครื่องชั่งชนิดละเอียด (Sartorius, Basic, Germany)
4) เครื่องชั่งชนิดหยาบ (Tanita model 1144, Tanita Corporation, Japan)
5) เครื่องซูวี (Sous-vide Immersion Circulator SV100, Cuisine Craft Co., Ltd., Thailand)
6) เครื่องตีป่นไฟฟ้า (Stomacher Bag Mixer 400 model VW, France)
7) เครื่องบดเนื้อ (Model NB-MM12SS, Sun Food Co., Ltd, Thailand)
8) เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Ramon, Changsha Branch Company, Germany)
9) เครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (Centrifuge refrigerator 2-16KL model, Sigma-Aldrich, England)
10) เครื่องผสมสารละลายในหลอดทดลอง (Vortex Mixer KMC-1300V, Korea)
11) เครื่องผสมอาหาร (Kitchen aid) (5KPM5EWH model, Heavy Duty, Kitchen aid, St Joseph Michigan, USA)
12) เครื่องวัดค่า กรด-ด่าง (Mettler Toledo medel SG-2, Mettler Toledo International Inc., Switzerland)
13) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Shimadzu model UV – 1601, Shimadzu Corparation, Japan)
14) เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Mettler Toledo medel, Mettler Toledo International Inc., Switzerland)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15) เครื่องวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ	(Warner-Bratzler, Instron Model 1011, Instron company, Thailand)
16) เครื่องวัดค่าสีของเนื้อ	(Hunterlab Mini Scan EZ LAV, Hunter Associates Laboratory, Inc, 1) USA)
17) เครื่องวัดอุณหภูมิ	(Fluke, Fluke Biomedical, Netherland)
18) จานเพาะเลี้ยงเชื้อ	(plate, Priti Q)
19) ตะเกียงแอลกอฮอล์	
20) ตู้เขี่ยเชื้อแบบ Laminar Flow	(Dwyer model BD, Germany)
21) ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์	(WTB Binder model BD, Germany)
22) ตู้อบเครื่องแก้ว	(Hot air oven, Memmert model CM500, Germany)
23) ตู้อบลมร้อน	(Binder, Model FD 115, Germany)
24) ถุงสุญญากาศชนิด K-Nylon/LLDPE	
25) ไมโครปิเปต ขนาดต่างๆ	(Biohit)
26) หม้อนึ่งความดันสำหรับฆ่าเชื้อ	(Autoclaves, Hirayama model HVE 50, Japan)
27) อ่างควบคุมอุณหภูมิ	(Water Bath, Memmert, Germany)
28) อ่างควบคุมอุณหภูมิสูง	(Oil Bath, Memmert, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

วัตถุประสงค์	กิจกรรม
การทดลองที่ 1 การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง	1 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ระหว่างการเก็บรักษา ใช้แผนการทดลองแบบในบล็อคสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) ปัจจัยคือ ช่วงเวลาการสุ่มแต่ละอุณหภูมิ และทำการสุ่มตรวจอุณหภูมิละ 7 จุด คือ 1) การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 วัน 2) การแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 วัน วิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ 1.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ - จุลินทรีย์ทั้งหมด 6 แบบ คือ Aerobic mesophilic, spore mesophilic และ Psychrophilic bacteria Anaerobic mesophilic, spore mesophilic และ Psychrophilic bacteria - ยีสต์และรา - *Brochothrix thermosphacta* - *Clostridium perfringens* - Lactic acid bacteria - Coliforms และ *Escherichia coli* - *Staphylococcus aureus* - *Samonella* spp. - *Listeria* spp. และ *Listeria monocytogenes* 1.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ - ค่าสี (CIE L*, a* และ b*) - ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (Purge loss, %) - ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการละลาย (Thawing loss, %) - ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการย่าง (Grilling loss, %) - ค่าเนื้อสัมผัส (TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyzer 1.3 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี - ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	- ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) - ค่าปริมาณเปปไทดที่ละลายได้ในกรด (TCA-soluble peptide) 1.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำการศึกษาความชอบของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่นไม่พึงประสงค์ ลักษณะปรากฏ และลักษณะโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale 1.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Varianc (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
การทดลองที่ 2 การทำนายอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง	2.1 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง ใช้แผนการทดลองแบบในบล็อคสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) ปัจจัยคือ ช่วงเวลาการสุ่มแต่ละอุณหภูมิ และทำการสุ่มตรวจอุณหภูมิละ 7 จุด คือ 1) อุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 วัน 2) อุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11 วัน 3) อุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 12, 24, 36, 48, 54, 60, 66 ชั่วโมง วิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ 2.1.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ - จุลินทรีย์ทั้งหมด 6 แบบ คือ Aerobic mesophilic, spore mesophilic และ Psychrophilic bacteria Anaerobic mesophilic, spore mesophilic และ Psychrophilic bacteria - ยีสต์และรา - *B. thermosphacta* - *C. perfringens* - Lactic acid bacteria - Coliforms และ *E. coli* - *S. aureus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	- *Samonella* spp. - *Listeria* spp. และ *L. monocytogenes* 2.1.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ - ค่าสี (CIE L*, a* และ b*) - ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (Purge loss, %) - ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการย่าง (Grilling loss, %) - ค่าเนื้อสัมผัส (TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyzer 2.1.3 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี - ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH value) - ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) - ค่าปริมาณเปปไทดที่ละลายได้ในกรด (TCA-soluble peptide) 2.1.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำการศึกษาความชอบของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่นไม่พึงประสงค์ ลักษณะปรากฏ และลักษณะโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale 2.1.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Varianc (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% 2.2 การทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะพร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่งโดยการศึกษาอันดับและอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ด้วยสมการจลนพลศาสตร์ร่วมกับสมการอาร์เรเนียส 2.2.1 เลือกปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลง 2.2.2 ศึกษาอัตราเร็วของปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงที่เลือกไว้ 2.2.3 หาระยะเวลาจากคุณภาพตามที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การทดลองที่ 1 การหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง

ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางด้านเคมี-กายภาพของเนื้อแพะเบื้องต้นพบว่าเนื้อแพะสามารถจัดกลุ่มตามลักษณะความเหนียวของเนื้อ ได้ 3 กลุ่ม ซึ่งเนื้อแพะที่นำมาใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงในการวิจัยครั้งนี้คือ เนื้อเหนียวปานกลาง โดยใช้ในอัตราส่วน 1:1:1 (คอ: สะโพก: ขาหลัง) ผสมรวมกับวัตถุดิบต่าง ๆ ตามสูตร ซึ่งประกอบด้วย น้ำเย็น เกลือแกง โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต โซเดียมเคซิเนท เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส ซีอิ๊วขาว น้ำมันหอย และน้ำส้มสายชู จากนั้นนำส่วนผสมลงบล็อกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร แล้วแช่เย็น 2-4 ชั่วโมง แล้วแช่เยือกแข็ง 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการถอดบล็อก หั่นเป็นชิ้นหนา 1.5 เซนติเมตร แล้วทำการให้ความร้อนด้วยวิธีซูวีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 43 นาที โดยวัดจากอุณหภูมิใจกลาง จากนั้นลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลงจนเหลือ 3-4 องศาเซลเซียส และทำการเปลี่ยนเป็นบรรจุภัณฑ์สุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นแช่เยือกแข็งและการแช่เย็นในสภาวะเร่ง

การทดลองย่อยที่ 1.1 การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น ใช้แผนการทดลองในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยอาศัยรอบการผลิตเป็นบล็อก ซึ่งทำการผลิตทั้งหมด 2 รอบการผลิต และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาเป็นเวลา 49 วัน โดยสุ่มตรวจคุณภาพของตัวอย่าง ทุก 7 วัน (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน) และทำการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ กายภาพ เคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ดังนี้

3.2.1.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด

1) การตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) เป็นการตรวจวัดการปนเปื้อนทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง โดยตรวจจุลินทรีย์ทั้งหมด คือ จุลินทรีย์ที่ใช้อากาศ (Mesophilic aerobe bacteria, Psychrophilic aerobe bacteria) และจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ (Mesophilic anaerobe bacteria, Psychrophilic anaerobe bacteria) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง 25 กรัม ใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร แล้วนำตัวอย่างไปผสมด้วยเครื่องตีปั่น (Stomacher bag Mixer 400 model VW, France) เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นเจือจางที่ 4-6 ระดับ โดยปิเปตตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร เจือจางสิบเท่า (Ten-fold dilution) ใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.85 ที่เตรียมไว้ 9 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไว้ในแต่ละระดับการเจือจางจำนวน 0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิลิตร ใส่ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่แบ่งเป็น 4 ส่วน แต่ละระดับความเจือจางจะทำการทดสอบบนอาหาร PCA จำนวน 2 จาน เพื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยของปริมาตรเชื้อที่ปนเปื้อน หลังจากนั้นนำจานอาหารไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (WTB binder model BD, Germany) อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน เพื่อตรวจหาแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ (Psychrophilic) และที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic) หลังจากนั้นนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยเลือกนับจานที่มีโคโลนีระหว่าง 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นเป็นจำนวน Colony-forming unit (cfu) ต่อ 1 มิลลิลิตรหรือ 1 กรัม (BAM. 2001)

2) การตรวจสอบการสร้างสปอร์ของจุลินทรีย์ (Spore forming bacteria) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง 25 กรัม ใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร แล้วนำตัวอย่างไปผสมด้วยเครื่องตีปั่น (Stomacher bag Mixer 400 model VW, France) เป็นเวลา 1 นาที จากกนั้นนำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำตัวอย่างไปผสมด้วยเครื่องตีปั่นเป็นเวลา 1 นาที อีกครั้งหลังจากนั้นเจือจางที่ 4-6 ระดับ โดยปิเปตตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร เจือจางสิบเท่า (Ten-fold dilution) ใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.85 ที่เตรียมไว้ 9 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไว้ในแต่ละระดับการเจือจางจำนวน 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่แบ่งเป็น 4 ส่วน แต่ละระดับความเจือจางจะทำการทดสอบบนอาหาร PCA จำนวน 2 จาน เพื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยของปริมาตรเชื้อที่ปนเปื้อนหลังจากนั้นนำจานอาหารไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อตรวจหาการเจริญของสปอร์ หลังจากนั้นนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยเลือกนับจานที่มีโคโลนีระหว่าง 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นเป็นจำนวน Colony-forming unit (cfu) ต่อ 1 มิลลิลิตรหรือ 1 กรัม (BAM. 2001)

3) การตรวจสอบจำนวนยีสต์และรา อ้างอิงวิธีการตรวจจาก BAM (2001) โดยนำสารละลายเจือจางของตัวอย่างในข้อที่ 1) แล้วปิเปตตัวอย่างลงในอาหาร PDA โดยเติม 10% Tartarlic acid ปริมาตร 1:100 มิลลิลิตร ใช้วิธีการ Pour plate นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นนับจำนวนยีสต์และรา รายงานผลจำนวนยีสต์และรา เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

4) การตรวจสอบจำนวนโคลิฟอร์ม (Coliforms) และ *Escherichia coli* (*E. coli*) ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *E. coli* เริ่มต้นนำผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ตามวิธีการของ BAM (2002) โดยนำสารละลายเจือจางของตัวอย่างในข้อที่ 1) ที่ระดับการเจือจาง 1-3 ระดับ ปิเปตสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร ของแต่ละระดับการเจือจางลงในอาหาร LMX broth จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตการณ์เปลี่ยนสีของอาหารซึ่งอาหาร LMX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

broth จากสีเหลืองกลายเป็นสีฟ้า และการตรวจนับ Coliforms คำนวณด้วยตาราง MPN (BAM. 2002) โดยการนำไปส่อง UV เพื่อดูการเรืองแสงด้วยเครื่อง Gel documentation (UV light) และนำหลดที่เรืองแสงมา Streak plate ลงอาหาร EMB agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำโคโลนีที่มีสีดำเลื่อมเงาสีเขียว (Metallic sheen) มาเขี่ยเชื้อ (Streak) บนอาหาร PCA เพื่อ *ทดสอบ E. coli* แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทดสอบด้วยวิธีทางชีวเคมี คือ

- การทดสอบ Indole โดยการถ่ายเชื้อจากอาหาร Plate count agar slant ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptophan broth แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลาย Kovac ปริมาตร 0.20-0.30 มิลลิลิตร ถ้าให้ผลบวกจะปรากฏสีแดงที่ส่วนบนของ Tryptophan broth

- การทดสอบ Methyl red และ Acetoin (MR-VP) โดยการถ่ายเชื้อจากอาหารใน Plate count agar slant ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MR-VP บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

1 สำหรับ MR ให้เติมสารละลาย Methyl red 5 หยด ลงในสารละลายเชื้อโดยผลบวกจะเกิดสีแดงผลลบจะให้สีเหลือง

2 สำหรับ VP ให้ถ่ายเชื้อประมาณ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแล้วเติม 5% Alcoholic-naphtol solution 0.6 มิลลิลิตรและ 40% KOH 0.2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5-10 นาที ผลบวกจะให้สีชมพูแดง

- การทดสอบ Citrate ทำการถ่ายเชื้อจากอาหาร Plate count agar slant ใส่ลงในอาหาร Simmom's citrate agar "Stab" นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง รายงานการเจริญเป็นผลบวก ไม่เจริญผลเป็นลบ

5) การตรวจสอบ *Staphylococcus aureus* ตามวิธีการของ BAM (2001) โดยนำสารละลายเจือจางของตัวอย่างในข้อที่ 1) ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.85 ที่เตรียมไว้ 9 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Baird Parker agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สังเกตและนับจำนวนโคโลนีที่มี สีดำขอบใส 30 – 300 โคโลนี และสุ่มมาทดสอบการสร้างเอนไซม์ Coagulase test โดยปิเปต Rabbit plasma 0.1 มิลลิลิตร หยดลงบนสไลด์ที่ทำความสะอาดแล้ว ถ่ายเชื้อลงบนสไลด์และ Smear สังเกตการเกิดเส้นใยบนสไลด์

6) การตรวจสอบ *Samonella* spp. ตามวิธีการของ ISO-6579 (2002) โดยสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อลงในสารละลายเปปโทน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีด้วยเครื่องเครื่องตีปั่น เป็นเวลา 60 วินาที บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อลงอาหารเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MkTTn broth บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อลงอาหาร HE agar + novomyocin (HE agar ไม่ต้อง Autoclave) เมื่อถ่ายเชื้อลงอาหาร HE agar เสร็จให้นำไปบ่ม 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมงสังเกตโคโลนีสีน้ำเงินเขียวและตรงกลางมีสีดำ กลม นูน ผิวเรียบเป็นมัน อาจพบหรือไม่พบจุดตรงกลาง แล้วนำโคโลนีมาทดสอบทางปฏิกิริยาเคมี โดยเขี่ยโคโลนีที่สงสัยลงในอาหาร Lysine Iron Agar slant (LIA) และ Triple Sugar Iron (TSI agar) slant 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง หากตรวจสอบพบ *Samonella* spp. อาหารจะเกิดสีแดงที่ผิวหน้า ก้นหลอดสีดำ

7) การตรวจสอบ *Listeria* spp. และ *Listeria monocytogenes* ตามวิธี ISO11290-1 ดัดแปลงจาก Coombs *et al.* (2017) และ BAM (2017) ตามลำดับโดยสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง 25 กรัม ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Buffered listeria enrichment broth 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีด้วยเครื่องเครื่องตีปั่น เป็นเวลา 60 วินาที บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นเติม Supplement listeria enrichment 2.5 มิลลิลิตรนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วดูดสารละลายตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Modified listeria selective agar นำเพลทไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง รายงานผลจำนวนเชื้อ *Listeria* spp. และ *L. monocytogenes* ว่าพบหรือไม่พบ สังเกตได้จากอาหารเลี้ยงเชื้อจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ซึ่งในอาหารมีสสาร Ferric ammonium citrate หากตรวจพบ *Listeria* spp. และ *L. monocytogenes* อาหารจะเปลี่ยนสีเหลืองเป็นสีดำโดยอาศัยการตรวจจับการย่อย Esculin ลักษณะโคโลนีคือ กลม สีขาวขุ่น และเห็นสีดำเป็นโซนรอบ ๆโคโลนี

7.1 การทดสอบหาเอนไซม์คาตาเลส (Catalase) โดยการถ่ายเชื้อจากอาหาร Modified Listeria supplement agar ลงบนกระจก จากนั้นหยดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ลงบนกระจกสังเกตการเกิดฟอง หากเกิดฟองแสดงว่าแบคทีเรียมีเอนไซม์คาตาเลส สามารถเปลี่ยนอนุพันธ์ที่เป็นพิษของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นน้ำและออกซิเจนได้

7.2 การทดสอบการหมักน้ำตาลไซโลส (Xylose) และเรมโนส (Rhamnose) โดยการถ่ายเชื้อจากอาหาร Modified Listeria supplement agar ที่สงสัยว่าเป็น *L. monocytogenes* ลงในหลอดอาหาร Carbohydrate broth ที่มีหลอดดักแก๊สอยู่ ซึ่งหลอดที่ 1 มีน้ำตาลไซโลส หากโคโลนีที่สงสัยเป็น *L. monocytogenes* อาหารจะไม่เปลี่ยนสี เนื่องจากไม่มีการใช้น้ำตาลไซโลส อาหารยังคงมีสีแดงของ Phenol red และหลอดที่ 2 มีน้ำตาลเรมโนส หากโคโลนีที่สงสัยเป็น *L. monocytogenes* อาหารจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเนื่องจากอาหารจะมีความเป็นกรดมากขึ้น

8) การตรวจสอบแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria: LAB) ตรวจวิเคราะห์หาแบคทีเรียกรดแลคติกโดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2006) โดยนำสารละลายเจือจางของตัวอย่างในข้อที่ 6) ปิเปตสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร MRS Agar ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้น Spread plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

technique นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ จากนั้นนับจำนวนโคโลนี รายงานผลจำนวน LAB เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

9) การตรวจสอบ *Brochothrix thermosphacta* โดยวิธีการที่ดัดแปลงจาก Coombs *et al.* (2017a) โดยนำสารละลายเจือจางของตัวอย่างในข้อที่ 6) ปิเปตสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Streptomycinthallous acetate-actidione (STAA) ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้น spread plate technique นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 22-25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนโคโลนีที่มีลักษณะมันเงา สีขาว ยืนยันโดยใช้การทดสอบการ Oxidase (Oxidase negative) รายงานผลจำนวนเชื้อ *B. thermosphacta* เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

10) การตรวจสอบ *Clostridium perfringens* (BAM 2017) โดยนำสารละลายเจือจางของตัวอย่างในข้อที่ 1) จากนั้นปิเปตสารละลายเจือจาง 1.0 มิลลิลิตร ลงบนอาหาร Tryptone Soya Agar แล้วเทอาหาร TSA ทับอีกครั้ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในสภาวะไม่มีอากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนโคโลนีที่มีลักษณะกลม สีดำ มี Clear zone รายงานผลจำนวนเชื้อ *C. perfringens* เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

11) การตรวจสอบ *Bacillus cereus* ตามวิธีการของ BAM (2001) โดยนำสารละลายเจือจางของตัวอย่างในข้อที่ 6) ปิเปตสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar ผสมกับ Supplement 1 vial ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้น Spread plate technique นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตโคโลนี *B. cereus* ที่มี Clear zone รอบ ๆ โคโลนีสีชมพู และขุ่นมากขึ้น เพื่อที่จะนำไปทดสอบยืนยันผลในขั้นต่อไป รายงานผลจำนวนเชื้อ *B. cereus* ว่าพบหรือไม่พบ โดยเลือกโคโลนีแต่ละเพลทมากกว่า 5 โคโลนี สำหรับทดสอบดังนี้

11.1 นำโคโลนีแต่ละโคโลนีที่เลือกไว้มาย้อมแกรม และย้อมสปอร์โดยวิธี Gram stain และย้อม Spore stain ลักษณะเซลล์ของ *B. cereus* จะติดแกรมบวก รูปท่อนสั้น และสปอร์มีลักษณะ Ellipsoidal sporangium ไม่พอง

11.2 การทดสอบทางชีวเคมี โดยการถ่ายเชื้อจากโคโลนีแต่ละโคโลนีที่เลือกไว้ในจำนวน 1 ลูปลงไปใน Phosphate buffer 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เชื้อกระจายสม่ำเสมอ แล้วใช้ลูปถ่ายเชื้อลงในอาหารต่อไปนี้

- Phenol red-dextrose broth 10 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในสภาพไร้อากาศ ถ้าอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นสีเหลือง ให้ผลบวก (สร้างกรด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Nitrate broth 10 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเติม Sulfanilic acid reagent 0.25 มิลลิลิตร และ Nepthylamin 0.25 มิลลิลิตร ถ้าอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนแปลงเป็นสีส้มภายใน 10 นาที จะให้ผลบวก

- MR-VP medium 10 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 ชั่วโมง แล้วดึงเชื้อมา 1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในหลอดทดสอบที่ปลอดเชื้อ จากนั้นเติม 40% KOH 0.2 มิลลิลิตร และเติม 5% Alcohol napthol solution 0.6 มิลลิลิตร และผลึก Creatine 2-3 เกล็ด พักไว้ 1 ชั่วโมง ถ้าของผสมเปลี่ยนเป็นสีชมพู จะให้ผลบวก

- Nutrient agar+ L-tyrosine บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ถ้าเกิด Clear zone รอบ ๆ โคโลนี แสดงว่าเกิดการย่อยสลาย Tyrosine จะให้ผลบวก

- Nutrient broth+ Lysozyme โดยดึงเชื้อมา 2 ลูป ถ่ายลงไปใน NB+0.001% Lysozyme บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกผลการเจริญของเชื้อ ถ้าพบการเจริญรายงานผลเป็นบวก (+) และไม่พบการเจริญรายงานผลเป็นลบ (-)

- Manitol-egg yolk polymyxin agar ถ่ายเชื้อลงอาหาร MYP-agar อีกครั้ง เพื่อสังเกตลักษณะโคโลนี

3.2.1.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

1) ค่าสี (CIE L*, a*, b*) สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง กลุ่มการทดลองละ 3 ชิ้น มาวัดค่าสีด้วยระบบ CIE (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี HunterLab Mini Scan EZ 4000L (Hunter Lab Inc, Reston, VA, USA) ก่อนวัดตัวอย่างทำการปรับเทียบค่าเครื่อง (Calibrate) ด้วยแผ่นสีมาตรฐานและทำการวัดตัวอย่างซ้ำและแสดงผลเป็นค่า L* (Lightness), a* (Redness), b* (Yellowness) และคำนวณค่า Chroma และ Hue angle (Kortei *et al.* 2015)

$$C^* = \sqrt{b^{*2}+a^{*2}} \quad , h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \qquad (3.1)$$

2) ค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากกระบวนการเก็บรักษา (Purge loss, %) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงก่อนและหลังจากกระบวนการการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น โดยวางผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นคำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากกระบวนการเก็บรักษา ทำ 3 ซ้ำ (Belibağli and Ersan 2018)

$$\%\ \text{Purge loss} = \left(\frac{a-b}{a}\right) \times 100 \qquad (3.2)$$

เมื่อ a คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา (กรัม)

b คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังการเก็บรักษา (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการย่าง (Grilling loss, %) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ก่อนและหลังการให้ความร้อนด้วยการย่าง (Grilling) โดยให้อุณหภูมิใจกลางเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วกลับด้าน วางผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องจนผลิตภัณฑ์ลดอุณหภูมิลง จากนั้นคำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการย่าง ทำ 3 ซ้ำ (Tangwatcharin *et al.* 2019)

$$\% \text{ Grilling loss} = \left(\frac{a-b}{a} \right) \text{x } 100 \qquad (3.3)$$

เมื่อ a คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อนด้วยการย่าง (กรัม)

b คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังให้ความร้อนด้วยการย่าง (กรัม)

4) ค่าเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis, TPA) ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง โดยใช้หัวแบบ Compression ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 เซนติเมตร วัดด้วยเครื่อง Instron (Warner-Bratzler, Instron model 1011, Instron company, Thailand) ตามวิธีการของ Bourne (1978) และ Das *et al.* (2008) โดยการตัดตัวอย่างให้มีขนาด 1.5×1.5×1.5 เซนติเมตร จำนวน 9 ชิ้น ซึ่งเป็นการวัดค่าแรงที่ใช้กดลงบนตัวอย่างขนาดมาตรฐาน 2 ครั้ง โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่า 500 นิวตัน กำหนดให้การวัดค่าของตัวอย่างถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 40 ของความสูงของตัวอย่าง บันทึกค่าความแข็ง (Hardness, N) ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness, ratio) ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (Gumminess, N) ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N) และความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)

3.2.1.3 วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี

1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland) (Conte-Junior *et al.* 2008) ซึ่งนำส่วนของ แทงลงไปในเนื้อ ทำ 3 ซ้ำ

2) การศึกษาค่าการออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Mielinik *et al.* (2006), Loypimai *et al.* (2017) โดยสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง จำนวน 5 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวพลาสติก (Centrifuges tube) ขนาด 50 มิลลิลิตร ใส่สารละลาย 7.5% 2-Thiobarbituric acid 15 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Untra tarrax model T25 digital, Germany) ที่ความเร็วรอบ 9,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ในสภาพที่ตัวอย่างเย็น แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 4,000 xg เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำส่วนใส่ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลาย 0.02 M 2-Thiobarbituric acid ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ทำให้เย็นโดยการเปิดน้ำไหลผ่าน จากนั้นนำส่วนใส่ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ทำ 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณความเข้มข้นของ TBARS โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (TEP) และคำนวณค่า TBARS ในหน่วย mg MDA/kg sample

3) เป็นการวัดค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด ด้วยวิธี TCA-Soluble peptide ตามวิธีการของ Morrissey *et al.* (1993) โดยสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง จำนวน 2 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวพลาสติก (Centrifuges tube) ขนาด 50 มิลลิลิตร ใส่สารละลายกรด 5% TCA ปริมาตร 18 มิลลิลิตรนำไปปั่นด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Untra tarrax model T25 digital, Germany) ที่ความเร็วรอบ 9,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ในสภาพที่ตัวอย่างเย็น แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 8,000 xg เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บสารละลายส่วนใสเพื่อวิเคราะห์โปรตีน ตามวิธีการ Lowry *et al.* (1951) โดยการปิเปตสารละลายส่วนใส 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Reagent C (50 ml Reagent A และ 1 ml Reagent B, ภาคผนวก) 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าด้วยด้วยเครื่องผสม (Vortex) และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที เติม สารละลาย Folin (1 Folin: 1 Distilled water) 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้าด้วยด้วยเครื่องผสมและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นนำส่วนใส่ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ทำ 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณความเข้มข้นของไทโรซีน (Tyrosine) โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร 1 M Tyrosine และรายงานค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (TCA-soluble peptide) ในหน่วย µmol tyrosine/g sample

3.2.1.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่นไม่พึงประสงค์ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมที่เปลี่ยนไปด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบทดสอบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (Difference from control test) โดยใช้ผู้ทำการทดสอบจำนวน 30 คนขึ้นไป เป็นอาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยดัดแปลงจาก Hough *et al.* (2003) ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale โดยใช้คะแนนเพื่อบอกความแตกต่าง 9 ระดับ ตั้งแต่ 1-9 ดังต่อไปนี้

1 หมายถึง	แตกต่างมากที่สุด
2 หมายถึง	แตกต่างมาก
3 หมายถึง	แตกต่างเล็กน้อย
4 หมายถึง	ค่อนข้างแตกต่าง
5 หมายถึง	แตกต่าง
6 หมายถึง	คอนข้างไม่แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 หมายถึง ไม่แตกต่างเล็กน้อย

8 หมายถึง ไม่แตกต่างมาก

9 หมายถึง ไม่แตกต่างมากที่สุด

3.2.1.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จัดกลุ่มการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for windows version 16.0: SPSS Inc.

การทดลองย่อยที่ 1.2 การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง ใช้แผนการทดลองในบล็อคสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยอาศัยรอบการผลิตเป็นบล็อค ซึ่งทำการผลิตทั้งหมด 2 รอบการผลิต และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาเป็นเวลา 240 วัน โดยสุ่มตรวจคุณภาพของตัวอย่าง ทุก 30 วัน (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 วัน)และทำการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์กายภาพ เคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ดังนี้

1) วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์เบื้องต้น (ดังแสดงในการทดลองที่ 3.2.1.1)

2) วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ (ดังแสดงในการทดลองที่ 3.2.1.2)

- ค่าสูญเสียจากการละลายน้ำแข็ง (Thawing loss, %) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ก่อนและหลังจากกระบวนการการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง โดยวางผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นคำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเก็บรักษา (Serrano *et al.* 2006; Leygonie *et al.* 2012)

$$\% \text{ Thawing loss} = \left(\frac{a-b}{a} \right) \times 100 \qquad (3.4)$$

เมื่อ a คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (กรัม)

b คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (กรัม)

3) วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี (ดังแสดงในการทดลองที่ 3.2.1.3)

4) การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ดังแสดงในการทดลองที่ 3.2.1.4)

5) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จัดกลุ่มการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for windows version 16.0: SPSS Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การทดลองที่ 2 การทำนายอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง

3.2.2.1 การทดลองย่อยที่ 2.1 การหาอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง ใช้แผนการทดลองในบล็อคสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยอาศัยรอบการผลิตเป็น block ซึ่งทำการผลิตทั้งหมด 2 รอบการผลิต และแบ่งการเก็บรักษาออกเป็น 3 อุณหภูมิ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส โดยสุ่มตรวจคุณภาพของตัวอย่างภายหลังการเก็บรักษาที่ 0, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 56 วัน

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยสุ่มตรวจคุณภาพของตัวอย่างภายหลังการเก็บรักษาที่ 0, 3, 5, 7, 8, 9, 10 และ 11 วัน

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยสุ่มตรวจคุณภาพของภายหลังการเก็บรักษาที่ 0, 12, 24, 36, 48, 54, 60 และ 66 ชั่วโมง และทำการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์กายภาพเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ดังนี้

1) วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์เบื้องต้น (ดังแสดงในการทดลองที่ 3.2.1.1)

2) วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ (ดังแสดงในการทดลองที่ 3.2.1.2)

3) วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี (ดังแสดงในการทดลองที่ 3.2.1.3)

4) การทดสอบทางประสาทสัมผัส (ดังแสดงในการทดลองที่ 3.2.1.4)

5) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จัดกลุ่มการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for windows version 16.0: SPSS Inc.

3.2.2.2 การทดลองที่ 2.2 การประเมินอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่งสมการจลนพลศาสตร์ร่วมกับสมการอาร์เรเนียสเลือกค่าคุณภาพที่สามารถบ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงได้ชัดเจนที่สุดมาใช้ในทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ด้วยการคำนวณ

1) การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะพร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส โดยการเลือกปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงที่จะใช้เป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาสามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีจลนพลศาสตร์ ดังสมการ (1)-(3) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นสามารถเกิดได้ทั้งปฏิกิริยาลำดับศูนย์ (Zero order)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับหนึ่ง (First order) และลำดับสอง (Second order) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสารตั้งต้น ซึ่งสามารถคำนวณค่าการทำนายอายุ C ที่เวลา t (วัน) โดยใช้สมการปฏิกิริยาลำดับศูนย์ (Zero order) ลำดับหนึ่ง (First order) และอันดับสอง (Second order) ดังสมการ

$$C_t - C_0 = Kt \quad \text{Zero order} \tag{3.5}$$

$$\ln (C_0/C_t) = Kt \quad \text{First order} \tag{3.6}$$

$$(1/C_0) - (1/C_t) = Kt \quad \text{Second order} \tag{3.7}$$

เมื่อ C_0 = ค่าของคุณลักษณะที่สนใจ ณ จุดเริ่มต้นของอายุการเก็บรักษา

C_t = ค่าของคุณลักษณะที่สนใจ ณ จุดสิ้นสุดของอายุการเก็บรักษา

K = Reaction rate constant

t = อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (วัน)

จากสมการจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น คือ อันดับของปฏิกิริยา ซึ่งโดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงพื้นฐานที่เกิดขึ้นในอาหารมักเป็นปฏิกิริยาลำดับศูนย์ (Zero order) อันดับหนึ่ง (First order) และอันดับสอง (Second order) (Santiao *et al.* 2004; Olivera *et al.* 2012; Hu *et al.* 2019)

2) การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะพร้อมปรุงโดยการศึกษาอัตราเร็วของปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงที่เลือกไว้ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ เคมี-กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ณ อุณหภูมิที่มากกว่า 1 อุณหภูมิ ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาหาค่าพลังงานกระตุ้น (Ea) และอัตราปฏิกิริยาของปัจจัย (ณ อุณหภูมิ) (k_0) ได้ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาและอุณหภูมิ ในรูปของ ln k และ 1/T ซึ่งจะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ -Ea/R และจุดตัดแกน y เท่ากับ $\ln k_0$ ซึ่งมาจาก สมการ $\ln k = \ln k_0 + (-Ea/R)(1/T)$ สำหรับปฏิกิริยาลำดับหนึ่ง ดังภาพที่ 2.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง เป็นได้ทั้งปฏิกิริยาอันดับศูนย์และอันดับหนึ่ง ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส จากนั้นสามารถนำค่าอัตราเร็วของปฏิกิริยามาคำนวนโดยใช้สมการจากกราฟเพื่อคำนวณค่าจากสมการอาร์เรเนียส

$$k = k_0 \exp (-Ea/RT) \tag{3.8}$$

$$\ln k = \ln k_0 + (-Ea/R)(1/T) \tag{3.9}$$

เมื่อ k_0 = ค่าคงที่สำหรับปฏิกิริยาหนึ่ง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

k = ค่าคงที่อัตรา (ณ อุณหภูมิ T ใด ๆ)

Ea = พลังงานกระตุ้น (KJ/mol)

R = อัตราคงที่ของแก๊สเฉื่อย (8.314 J/mol K)

T = อุณหภูมิที่ศึกษา (เควิน K)

จากสมการอาร์เรเนียสข้างต้นสามารถนำมาคำนวณหาค่าคงที่อัตราของการศึกษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส

3) การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะพร้อมปรุงโดยการหาระยะเวลาที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจุดที่กำหนดไว้หรือสามารถยอมรับได้ จากสมการที่ (3.8) และ (3.9) สามารถคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ เคมี-กายภาพ และการทดสอบทางประสารทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะพร้อมปรุงที่อุณหภูมิ 0, 10, 20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้จากสมาการเกิดปฏิกิริยาลำดับศูนย์ หนึ่ง และสอง เมื่อทราบค่า C_0 และ C_t ซึ่งมีค่าจุลินทรีย์ เคมี-กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ณ จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด ดังสมการที่ (3.5)-(3.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง

4.1.1 การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นที่อณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 49 วัน

4.1.1.1 คุณภาพทางจุลินทรีย์

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงพบว่าจุลินทรีย์กลุ่ม Aerobic mesophilic bacteria, Aerobic Psychrophilic bacteria, Anerobic mesophilic bacteria, Anerobic Psychrophilic bacteria และ Lactic acid bacteria (ตารางที่ 4.1) เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และจากการพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข (2562) เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (2560) พบว่าผลิตภัณฑ์ปรุงสุกแล้วแช่เย็นแช่แข็งและต้องอุ่นก่อนบริโภคควรมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่ม Aerobic mesophilic bacteria ไม่ควรเกิน 5.70 log cfu/g เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ก่อเกิดการเน่าเสียและก่อโรคอยู่ในกลุ่มนี้ โดยในวันที่ 28 ของการเก็บรักษาตัวอย่างจุลินทรีย์มีค่าน้อยกว่า 5.70 log cfu/g ทำให้อายุการเก็บรักษาของตัวอย่างเท่ากับ 28 วัน โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์เป็นไปอย่างช้า ๆ ในช่วงต้น และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์กลุ่ม Anerobic psychrophilic bacteria ในตัวอย่างครั้งนี้มีการเจริญดีกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากลักษณะการเก็บรักษาเหมาะสมต่อการเจริญกล่าวคือการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศทำให้จุลินทรีย์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำเจริญมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Nyati (2000) ที่รายงานว่าเนื้อหมูสันนอกปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 5.00 log cfu/g นอกจากนี้งานวิจัยของ Yang *et al.* (2020) รายงานว่าสเต็กเนื้อโคปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีที่อุณหภูมิ 59 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์ มีจำนวนแบคทีเรียแลคติกเพิ่มสูงขึ้นถึง 8.00 log cfu/g และตลอดอายุการเก็บรักษาของตัวอย่างครั้งนี้พบว่ายีสต์และรามีปริมาณน้อยกว่า 1.00 log cfu/g แต่ตรวจพบยีสต์พบราในวันที่ 28 35 และ 49

นอกจากนี้ในตัวอย่างครั้งนี้ครั้งนี้ตรวจพบ *E. coli* น้อยกว่า 3.00 MPN/g ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งเป็นตามข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารในประเทศ เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (กระทรวงสาธารณสุข 2562) พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ปรุงสุกแล้วแช่เย็นแช่แข็งและต้องอุ่นก่อนบริโภคสามารถพบปริมาณ *E. coli* น้อยกว่า 3.00 MPN/g และตรวจพบปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliforms) เริ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 28 (137 MPN/g) และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาพบว่ามีปริมาณ Coliforms มากกว่า 1100 MPN/g โดย Gadekar *et al.* (2014) รายงานว่าโคลิฟอร์มทั้งหมดและ *E. coli* เป็นจุลินทรีย์ที่บ่งบอกถึงความสะอาดขณะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องมีการตรวจเพื่อยืนยันความปลดอภัยในอาหาร ส่วนจุลินทรีย์ที่ทำให้เสื่อมเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *B. thermosphacta*, *Listeria* spp., *L. monocytogenes*, *C. perfringens*, *B. cereus*, *S. aureus* และ *Salmonella* spp. จากการทดลองไม่พบในตัวอย่างตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Paik *et al.* (2006) ที่รายงานว่าการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์เนื้อเกาหลีปรุงรสเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรค *B. cereus*, *C. perfringens*, *L. monocytogenes* และ *S. aureus* นอกจากนี้ Carlin *et al.* (2000) และ Díaz *et al.* (2008) รายงานว่าจุลินทรีย์ก่อโรคที่ควรเฝ้าระวังคือ *B. cereus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ใช้อากาศที่โดดเด่นในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการปรุงสุกแบบพาสเจอไรซ์และแช่เย็นเนื่องจากโอกาสรอดชีวิตของสปอร์ในระหว่างการพาสเจอไรซ์และขั้นตอนหลังจากการบรรจุ โดยจุลินทรีย์ *Bacillus* spp. สามารถตรวจพบเช่นกันในอาหารแช่เย็นปรุงอื่น ๆ ซึ่งในการทดลองตรวจไม่พบการปนเปื้อนหรือการรอดชีวิตของ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แนะนำสำหรับผลิตภัณฑ์ปรุงสุกแช่เย็นคือ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากช่วยลดและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (Paik *et al.* 2006)

4.1.1.2 คุณภาพทางกายภาพ-เคมี

การศึกษาการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (Purge loss, %) (ตารางที่ 4.2) พบว่าแต่ละช่วงของการเก็บรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งอยู่ในช่วง 3.23-6.17% อาจเป็นผลมาจากการสลายของโปรตีนและการเสียสภาพของโครงสร้างโปรตีนในของเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื่องจากการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้น้ำภายในเซลล์แพร่ออกมา มีผลทำให้ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาจึงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Belibağli and Ersan (2018) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์ตับแกะปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 สัปดาห์ มีการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาขึ้นลงไม่สม่ำเสมอกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Holman *et al.* (2017) ที่รายงานว่าค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลง ทำให้ช่องว่างระหว่างเซลล์กักเก็บน้ำไว้ไม่ได้ และตัวอย่างครั้งนี้มีการผ่านความร้อนก่อนการเก็บแช่เย็นมีผลทำให้โปรตีนเสียสภาพ โครงสร้างกล้ามเนื้อจึงไม่สามารถอุ้มน้ำได้ น้ำจึงแพร่ออกมาจากผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 49 วัน

ชนิดของจุลินทรีย์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	0	7	14	21	28	35	42	49
Aerobic mesophilic bacteria (log cfu/g)	3.17±0.15^{e}	4.20±0.20^{d}	4.77±0.16^{cd}	5.46±0.67^{bc}	5.53±0.65^{b}	6.01±0.39^{b}	6.87±0.15^{a}	7.27±0.08^{a}
Aerobic spore mesophilic bacteria (log cfu/g)	1.72±0.22	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Aerobic Psychrophilic bacteria (log cfu/g)	3.17±0.13^{f}	4.60±0.04^{e}	5.39±0.15^{d}	6.11±0.21^{c}	6.36±0.24^{c}	7.03±0.73^{b}	7.46±0.52^{ab}	7.92±0.22^{a}
Anaerobic mesophilic bacteria (log cfu/g)	3.19±0.22^{f}	4.55±0.22^{e}	5.05±0.15^{de}	5.62±0.42^{cd}	5.91±0.59^{bc}	6.34±0.71^{abc}	6.54±0.65^{ab}	7.13±0.70^{a}
Anaerobic spore mesophilic bacteria (log cfu/g)	1.85±0.96	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Anaerobic Psychrophilic bacteria (log cfu/g)	2.88±0.47^{f}	4.52±0.37^{e}	5.37±0.27^{d}	6.30±0.21^{c}	6.77±0.30^{bc}	6.88±0.27^{bc}	7.37±0.11^{ab}	7.63±0.08^{a}
Lactic acid bacteria (log cfu/g)	2.45±0.29^{f}	3.99±0.39^{e}	4.66±0.37^{c}	5.10±0.19^{de}	6.18±0.52^{cd}	6.50±0.26^{bc}	7.53±1.01^{ab}	7.95±0.49^{a}
Yeast and Mold (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	2.92±0.21	0.87±0.14	0	3.30±0.14
Bacillus cereus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Staphylococcus aureus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Escherichia coli (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Total coliform (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	137	180	240	>1100
Listeria spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Listeria monocytogenes	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clostridium perfringens	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Brochothrix thermosphacta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Salmonella spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

มาตรฐานจุลินทรีย์และภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ประเทศไทย กำหนดว่า จุลินทรีย์ทั้งหมด <5.7 log cfu/g *S. aureus* < 1.0 log cfu/g *E. coli* <3 MPN/g

Salmonella spp., *Listeria* spp. *L. monocytogenes*, *C. Perfringens* และ *B. thersphacta* ห้ามพบในผลิตภัณฑ์

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ND ตรวจไม่พบใน 25 กรัมต่อผลิตภัณฑ์ใน 25 กรัมต่อผลิตภัณฑ์

[i] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาการสูญเสียน้ำระหว่างการย่าง (Grilling loss, %) ของตัวอย่างครั้งนี้ พบว่าตลอดอายุการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งอยู่ในช่วง 8.50-13% (ตารางที่ 4.3) มีผลทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้ง เนื่องจากน้ำในผลิตภัณฑ์เกิดการระเหยออกจากตัวเนื้อ สอดคล้องกับการทดลองของ Tangwatcharin *et al.* (2019) ที่รายงานว่าค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการย่างของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการซูวี ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 47 นาที มีค่าประมาณ 7.31% โดยทั่วไปการซูวีมีผลต่อผลิตภัณฑ์กล่าวคือการใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้การสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น

การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (ตารางที่ 4.2) พบว่าตลอดอายุการเก็บรักษามีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเพียงเล็กน้อย ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงเป็นผลมาจากการเจริญของแบคทีเรียแลคติก (ตารางที่ 4.1) ที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Belibağli and Ersan (2018) ที่ศึกษาผลิตภัณฑ์ตับแกะปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 สัปดาห์พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 1-8 สัปดาห์แรกมีความสม่ำเสมอ (6.15-6.23) ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากแบคทีเรียแลคติกบางชนิดจะสร้างกรดทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และใกล้เคียงกับการทดลองของ Akoğlu *et al.* (2018) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์ไก่งวงปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นในช่วงต้นและลดลงเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา โดยปกติค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นเวลานานจะลดลง และใกล้เคียงกับการทดลองของ Babji *et al.* (2000) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาแบบแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส มักมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.00-6.10 และใกล้เคียงกับการทดลองของ Gadekar *et al.* (2014) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง นอกจากนี้ Öztürk Kerimoğlu *et al.* (2020) รายงานว่าค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงอาจเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียแลคติกมีการหมักน้ำตาลเกิดเป็นกรดแลคติก เนื่องจากกรดที่ได้จากการหมักทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ลดลง และยังช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มราและยีสต์ เนื่องจากไฮโดรเจนไอออนจะซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) เข้าสู่ภายในทำให้ไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) ซึ่งส่งผลให้ประจุอิเล็กตรอน (Electrochemical proton gradient) ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์เสียไป และในการทดลองครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างครั้งนี้เมื่อผ่านความร้อนด้วยการย่าง (Grilled) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่วิเคราะห์ได้จะอยู่ในช่วงวันที่ 0-35 วัน ซึ่งอาศัยเกณฑ์ความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์เป็นตัวบ่งชี้ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งอยู่ในช่วง 5.82-6.22 (ตารางที่ 4.3) เนื่องจากน้ำเกิดการระเหยทำให้ความเข้มข้นของกรดเข้มขึ้นและการเสียสภาพของโปรตีนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 49 วัน

พารามิเตอร์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	0	7	14	21	28	35	42	49
การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (Purge loss, %)	4.57±1.27[ab, §, ĺ]	4.52±2.23[ab]	3.64±0.31[b]	4.47±0.25[ab]	3.23±0.50[b]	3.76±1.35[b]	6.13±1.23[a]	6.17±1.96[a]
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.18±0.05	6.16±0.13	6.07±0.16	6.00±0.26	5.95±0.30	5.92±0.19	5.85±0.34	5.98±0.27
ค่าความสว่าง (Lightness)	39.18±2.54	40.26±3.28	41.63±3.71	41.85±3.60	43.99±2.29	43.85±1.40	42.34±4.68	42.11±3.46
ค่าสีแดง (Redness)	9.19±0.80	9.76±2.58	11.53±1.62	10.04±2.28	10.43±1.52	11.16±2.00	9.69±3.17	10.65±0.72
ค่าสีเหลือง (Yellowness)	11.82±0.66	12.08±1.03	11.18±0.92	11.39±1.06	12.13±0.94	11.76±1.56	12.08±1.72	11.64±1.08
ค่าความสดใส (Chroma)	15.01±0.34	15.71±1.18	16.09±1.49	15.34±1.16	16.06±1.00	16.36±1.06	15.84±1.06	15.80±1.03
ค่าองศาของสี (Hue angle)	52.12±3.72	51.56±9.35	44.29±4.11	49.03±8.48	49.42±5.37	46.62±8.24	51.78±12.55	47.48±2.93
ลักษณะเนื้อสัมผัส								
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	16.31±5.72[e]	28.62±12.39[a]	15.97±3.95[c]	21.06±3.57[b]	24.58±5.42[b]	21.01±5.77[b]	21.81±4.51[b]	24.14±4.51[b]
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N)	10.10±4.47[e]	18.71±4.94[bc]	13.11±2.22[d]	17.75±2.52[c]	20.61±4.03[b]	13.64±3.81[d]	17.85±5.23[c]	23.99±5.90[a]
ค่าความเหนียว(Gumminess, N)	11.79±3.54[d]	19.85±7.31[a]	12.22±2.63[d]	16.43±3.18[bc]	18.71±3.84[ab]	16.07±4.36[c]	16.62±3.02[bc]	19.90±1.44[a]
ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness, ratio)	0.74±0.07[cd]	0.71±0.05[d]	0.77±0.04[b]	0.78±0.04[b]	0.76±0.01[bc]	0.76±0.02[bc]	0.76±0.03[bc]	0.82±0.03[a]
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	0.77±0.04[c]	0.84±0.05[ab]	0.85±0.04[a]	0.85±0.05[a]	0.81±0.06[b]	0.83±0.05[ab]	0.83±0.08[ab]	0.84±0.06[ab]
การออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	2.43±0.01[e]	2.97±0.53[d]	3.28±0.41[cd]	3.43±0.39[bcd]	3.72±0.16[abc]	3.92±0.27[ab]	4.09±0.12[a]	4.15=6±0.40[a]
ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (μmol tyrosine/g)	2.09±0.46	2.18±0.10	2.22±0.06	2.41±0.43	2.51±0.33	2.56±0.34	2.87±0.53	3.28±1.24

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[ĺ] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

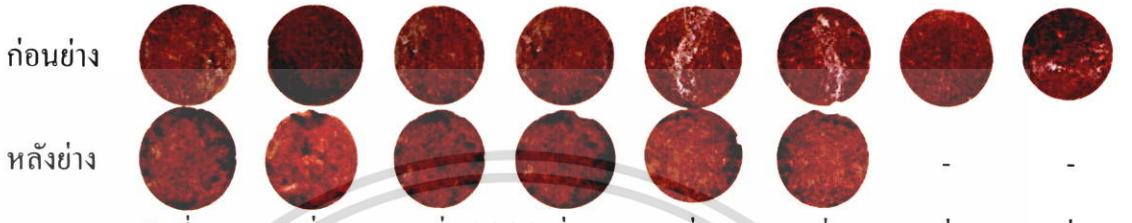
การศึกษาค่าสีของตัวอย่างครั้งนี้ พบว่าค่าความสว่าง (Lightness) ค่าสีแดง (Redness) ค่าสีเหลือง (Yellowness) ค่าความสดใส (Chroma) และค่าองศาของสี (Hue angle) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.2) โดยการเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างเกิดจากการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งน้ำที่ซึมออกมาเป็นน้ำบริเวณผิวหน้าของเนื้อ (Severini *et al.* 2003) สอดคล้องกับการทดลองของ Hung *et al.* (2020) ที่รายงานว่าหากในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการเติมเกลือแกงลงไป โซเดียมจะทำปฏิกิริยากับรงควัตถุในเนื้อ (Myoglobin) เกิดเป็นเมทไมโอโกลบิน (Metmyoglobin) จากนั้นเมื่อให้ความร้อนจะเปลี่ยนเป็นดีเนเจอร์เมทไมโอโกลบิน (Denatured meatmyoglobin) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลานานมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับการทดลองของ Akoğlu *et al.* (2018) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์ไก่งวงปรุงสุกด้วยวิธีการซูวี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน มีค่าสีแดงและเหลืองเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้งานวิจัยของ Holman *et al.* (2017) รายงานว่าการเก็บรักษาเนื้อหรือผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิแช่เย็นเป็นเวลา 3 สัปดาห์ จะทำให้ค่าความสดใสจะลดลง

การวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างครั้งนี้เมื่อผ่านความร้อนด้วยการย่างพบว่าค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ค่าความสดใสและค่าองศาของสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.3) ซึ่งสอดคล้องการการทดลองของ Arias *et al.* (2009) ที่รายงานว่าค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reactions) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์กับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา เกิดการเสียสภาพจากความร้อนเกิดเป็นดีเนเจอร์เมทไมโอโกลบินเพิ่มมากขึ้นและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลและมีผลทำให้ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น และค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีค่าองศาของสีอยู่ที่โทนสีส้มแดงถึงสีเหลือง (0-90°) แสดงว่าผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงอยู่ในโทนสีส้มแดง

การศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analyzed: TPA) ของตัวอย่างผลิต ภัณฑ์พบว่าค่าความแข็ง (Hardness, N) ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N) ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (Gumminess, N) ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness, ratio) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio) ของตัวอย่างก่อนและหลังการย่างเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.2-4.3) ซึ่งการย่างผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์เป็นตัวกำหนด (<5.70 log cfu/g) ซึ่งจากการศึกษาด้านจุลินทรีย์ได้ตัดสินที่ 35 วัน สอดคล้องกับการทดลองของ Belibağli and Ersan (2018) ที่รายงานว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ตับแกะปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น นอกจากนี้ Akoğlu *et al.* (2018) รายงานว่าในระหว่างการเก็บรักษาการย่อยสลายโปรตีนเป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้นอันเนื่องมาจากกิจกรรมทางเคมีและเอนไซม์ ถึงแม้ว่าการให้ความร้อนจะหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเอนไซม์โปรติเอสในกล้ามเนื้อ แต่กิจกรรมโปรติเอสที่เหลือยังคงดำเนินต่อไปในผลิตภัณฑ์แช่เย็น และใกล้เคียงกับการทดลองของ Tangwatcharin *et al.* (2019) ที่รายงานว่าค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงที่ปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของไมโอไฟบริลลา (Myofibrillar) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งโปรตีนกล้ามเนื้อเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แข็งขึ้นและเมื่อเก็บรักษามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการย่าง; - ไม่มีภาพ เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

การศึกษาการออกซิเดชันของไขมัน (Thio barbituric acid reactive substances; TBARS) (ตารางที่ 4.3) พบว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันจากตัวอย่างก่อนและหลังการย่างเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะมีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Hong *et al.* (2015) และ Díaz *et al.* (2008) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์อกไก่และเนื้อสันนอกหมูปรุงสุกด้วยวิธีการซูวี เก็บรักษาเป็นเวลา 50 วัน มีค่าการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานมากขึ้นและ Karabagias *et al.* (2011) รายงานว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อแกะบรรจุแบบสุญญากาศและเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เก็บรักษาเป็นเวลา 25 วัน มีค่าการออกซิเดชันของไขมันต่ำกว่า 4.00 mg MDA/kg meat นอกจากนี้การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันโดยทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และส่งเสริมการเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ปรุงสุกในระหว่างการเก็บรักษาและ Pérez-Andrés *et al.* (2020) รายงานว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อปลาแมคเคอเรลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้น เนื่องจากการออซิเดชันของไขมันภายใต้บรรจุภัณฑ์สุญญากาศเกิดจากการแพร่กระจายของปฏิกิริยาลูกโซ่ในกระบวนการออกซิเดชันที่นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (Peroxide), แอลดีไฮด์ (Aldehyde)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 49 วัน

พารามิเตอร์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	0	7	14	21	28	35	42	49
การสูญเสียน้ำหลังการย่าง (Grilling loss, %)	8.50±0.67$^{c, §, ǂ}$	10.41±1.68^{bc}	11.29±0.06^{ab}	10.85±2.18^{abc}	9.75±1.60^{bc}	13.05±1.26^{a}	-	-
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.22±0.09^{a}	6.16±0.11^{ab}	6.02±0.16^{abc}	5.95±0.37^{bc}	5.97±0.11^{abc}	5.82±0.21^{c}	-	-
ค่าความสว่าง (Lightness)	30.41±0.91^{d}	33.19±3.75^{cd}	38.89±2.59^{b}	42.13±4.28^{a}	37.21±3.61^{b}	35.91±2.53^{bc}	-	-
ค่าสีแดง (Redness)	13.36±1.77^{bc}	15.19±1.73^{ab}	13.35±1.99^{bc}	12.14±1.57^{c}	13.90±2.83^{bc}	16.73±2.65^{a}	-	-
ค่าสีเหลือง (Yellowness)	13.84±1.82^{b}	15.27±1.56^{b}	12.45±2.20^{bc}	10.21±1.91^{c}	15.31±4.54^{b}	19.48±4.33^{a}	-	-
ค่าความสดใส (Chroma)	19.24±2.47^{bc}	21.56±2.14^{b}	18.28±2.85^{bc}	15.92±1.98^{C,c}	20.89±4.42^{b}	25.71±5.49^{a}	-	-
ค่าองศาของสี (Hue angle)	46.01±1.72^{ab}	45.19±2.57^{ab}	42.91±2.71^{bc}	39.91±5.27^{C,c}	47.18±8.02^{ab}	48.18±3.01^{a}	-	-
ลักษณะเนื้อสัมผัส								
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	20.57±5.00^{c}	31.58±1.51^{a}	25.40±4.99^{bc}	26.82±2.50^{ab}	28.92±5.03^{ab}	28.31±7.19^{ab}	-	-
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N)	11.38±2.95^{c}	20.57±6.59^{ab}	21.30±5.49^{ab}	23.90±3.32^{a}	24.70±1.07^{a}	18.25±5.35^{b}	-	-
ค่าความเหนียว(Gumminess, N)	15.19±4.01^{c}	22.86±1.038^{ab}	19.01±2.77^{b}	20.79±2.26^{ab}	23.27±4.21^{a}	21.86±5.73^{ab}	-	-
ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness, ratio)	0.71±0.16^{c}	0.73±0.02^{bc}	0.75±0.06^{abc}	0.77±0.04^{ab}	0.80±0.02^{a}	0.77±0.02^{ab}	-	-
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	0.71±0.17^{b}	0.82±0.06^{a}	0.80±0.05^{a}	0.83±0.04^{a}	0.82±0.04^{a}	0.80±0.05^{a}	-	-
การออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	2.63±0.01^{c}	3.17±0.25^{bc}	3.77±0.58^{ab}	3.99±0.55^{ab}	4.35±0.70^{a}	4.52±1.06^{a}	-	-
ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (μmol tyrosine/g)	2.68±0.05^{abc}	2.48±0.31^{c}	2.79±0.29^{abc}	2.93±0.66^{ab}	3.37±0.74^{ab}	3.54±0.55^{a}	-	-

§ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ไม่มีข้อมูล เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

ǂ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

และคีโตน (Ketone) ที่สามารถเกิดอันตรกิริยากับโมเลกุลของโปรตีนทำให้เกิดการฟอร์มตัวของมาลอนไดแอลดีไฮด์ (Malondialdehyde) นอกจากนี้ Thomas *et al.* (2006) รายงานว่าเนื้อกระบือขึ้นรูปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน มีค่า การออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น

การศึกษาการวัดค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไตคลอโรอะซิติก (TCA-Soluble peptide) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.09-3.28 μmol tyrosine/g (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้ Masniyom *et al.* (2004) รายงานว่าค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในสารละลายกรดอาจเกิดจากการสลายโปรตีนภายนอกและจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น นอกจากนี้ Benjakul *et al.* (1997) รายงานว่าค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในสารละลายกรดถูกใช้เป็นดัชนีสำหรับการย่อยสลายโปรตีนของกล้ามเนื้อ และหลังการย่างค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดของตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.68-3.54 μmol tyrosine/g (ตารางที่ 4.3) ซึ่งค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดเกิดจากการเสื่อมสลายของโปรตีน (Protein degradation) เมื่อผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง

4.1.1.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อตัวอย่างครั้งนี้ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นไม่พึงประสงค์และความชอบโดยรวมลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.4) แต่ผู้บริโภคสามารถไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างได้ โดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏพบว่าผู้บริโภคมีความชอบลดลงในแต่ละช่วงอายุของการเก็บรักษาแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความประทับใจแรกที่เห็นลดลง ด้านสีพบว่า ผู้บริโภคมีความชอบสีของตัวอย่างในช่วงวันที่ 0 ของการเก็บรักษาและความชอบด้านสีค่อย ๆ ลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จากการศึกษาด้านสีในข้างต้น แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างมีลักษณะสีแดง-ชมพู เป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภค แต่เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นสีของตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงไปโดยมีลักษณะของสีที่คล้ำมากขึ้น มีผลทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เมื่อตัวอย่างมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งผู้บริโภคปฏิเสธตัวอย่างเมื่อตัวมีคะแนนต่ำกว่า 5.00 (ภาพที่ 4.1)

ส่วนทางด้านกลิ่นไม่พึงประสงค์ ผู้บริโภคเริ่มปฏิเสธหรือไม่ยอมรับตัวอย่าง (ต่ำกว่า 5.00 คะแนน) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ซึ่งลักษณะที่สังเกตได้ชัดเจนที่สุดคือกลิ่นหืนของตัวอย่างที่เป็นผลมาจากการออกซิเดชันของไขมันที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยข้างต้นที่พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าการออกซิเดชันของไขมันจะเพิ่มขึ้น ทำให้ตัวอย่างมีกลิ่นไม่พึงประสงค์เพิ่มขึ้น และลักษณะความชอบโดยรวมพบว่า ผู้บริโภคยังยอมรับได้ในช่วงต้นการเก็บรักษาและเริ่มปฏิเสธเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่ 28 วัน ซึ่งใกล้เคียงกับกับทดลองข้างต้นด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ในเรื่องคุณภาพของจุลินทรีย์ที่พบว่า ตัวอย่างครั้งนี้มีจำนวนจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 49 วัน

พารามิเตอร์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	0	7	14	21	28	35	42	49
ลักษณะปรากฏ (Appearance)	8.36±0.01[a, §, ǂ]	7.57±0.01[b]	6.78±0.05[c]	6.36±0.01[d]	5.71±0.02[e]	-	-	-
สีของชิ้นเนื้อ (Color)	8.36±0.05[a]	7.64±0.05[b]	6.43±0.02[c]	6.00±0.03[d]	5.07±0.07[e]	-	-	-
กลิ่นไม่พึงประสงค์ (Off-odor)	8.36±0.04[a]	7.43±0.20[b]	6.00±0.03[c]	5.86±0.03[c]	5.08±0.05[d]	-	-	-
ความชอบโดยรวม (Overall acceptability)	8.36±0.05[a]	7.36±0.05[b]	6.07±0.03[c]	5.50±0.04[d]	5.08±0.08[e]	-	-	-

- ไม่มีข้อมูล; เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

§ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ǂ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผู้บริโภคปฏิเสธเมื่อค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 5.00

ในวันที่ 28 เท่ากับ 5.53 log cfu/g ซึ่งยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์ความปลอดภัยของอาหาร และสอดคล้องการรายวิจัยของ Fan *et al.* (2009) ที่พบว่าค่าการยอมรับของผู้บริโภคต่อตัวอย่างเนื้อปลาแช่เย็นทางด้านสี กลิ่น ความชอบโดยรวมลดลงตลอดการเก็บรักษา ซึ่งผู้บริโภคยอมรับได้สูงสุดที่ 30 วัน และใกล้เคียงกับการทดลองของ Shakila *et al.* (2009) ที่ รายงานว่าเนื้อปลาปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์ มีค่าการยอมรับได้ด้านกลิ่นและลักษณะปรากฏ ที่อายุการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ และจากงานวิจัยของ Karabagias *et al.* (2011) พบว่ากลิ่นไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของการออกซิเดชันของไขมัน นอกจากนี้ยังใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Akoğlu *et al.* (2018) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์ไก่งวงปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีหลังเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน ความชอบของผู้บริโภคต่อด้านสี กลิ่นและความชอบโดยรวมลดลงตลอดช่วงการเก็บรักษา

4.1.2 การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 วัน

4.1.2.1 คุณภาพทางจุลินทรีย์

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงพบว่าจุลินทรีย์ในกลุ่ม Aerobic mesophilic bacteria, Aerobic Psychrophilic bacteria, Anerobic mesophilic bacteria, Anerobic Psychrophilic bacteria และ Lactic acid bacteria ลดลงตลอดการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.5) และเมื่อครบกำหนด 240 วัน พบว่าไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่ออัตราในการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้ช่วงพักตัว (Lag phase) ของจุลินทรีย์ยาวนานขึ้นและลดอัตราการเจริญในช่วงทวีคูณ (Log phase) ให้ช้าลง ทั้งนี้การแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุลินทรีย์จะเจริญได้ เป็นผลให้จุลินทรีย์หยุดเจริญแต่ยังคงมีชีวิตอยู่ด้วยการเมทาบอลิซึมต่ำ (อรพิน ชัยประสพ. 2548) นอกจากนี้น้ำในตัวอย่างเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง ทำให้น้ำเคลื่อนที่ไม่ได้เกิดเป็นผลึกน้ำแข็งรอบ ๆ เซลล์ซึ่งผลึกน้ำแข็งนี้สามารถบาดผ่านผนังเซลล์จนเกิดเป็นรูรั่ว ทำให้ไซโตรพลาสซึมสร้าง ATPase ไม่ได้มีผลทำลายเซลล์และเกิดแรงดันออสโมติกภายนอกเซลล์ ทำให้เซลล์ขาดน้ำเป็นผลให้จุลินทรีย์ตาย (Griffihts. 2005) และไม่สามารถนำน้ำหรืออาหารเข้าเซลล์เพื่อดำรงชีวิตต่อได้ มีผลทำให้พลังงานภายในเซลล์ลดลงจนกระทั่งจุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นจุลินทรีย์จะค่อย ๆลดลงจนไม่สามารถตรวจพบได้ในตัวอย่างและจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงเป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข (2562) ด้านเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Das *et al.* (2008) พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อแพะแบบแช่เยือกแข็งตรวจไม่พบจุลินทรีย์ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนสปอร์ของจุลินทรีย์ Aerobic spore mesophilic bacteria และ Anaerobic spore mesophilic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 240 วัน

ชนิดของจุลินทรีย์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)								
	0	30	60	90	120	150	180	210	240
Aerobic mesophilic bacteria (log cfu/g)	2.97±0.131^{a}	1.79±0.33^{b}	1.54±0.08^{bc}	1.50±0.33^{bc}	1.08±0.00^{cd}	0.75±0.035^{de}	0.38±0.01^{ef}	<1	<1
Aerobic spore mesophilic bacteria (log cfu/g)	1.72±0.22	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Aerobic psychrophilic bacteria (log cfu/g)	2.99±0.13^{a}	1.36±0.18^{b}	1.13±0.53^{bc}	0.75±0.71^{bc}	0.76±0.72^{bc}	0.54±0.76^{bc}	0.37±0.00^{bc}	<1	<1
Anaerobic mesophilic bacteria (log cfu/g)	3.02±0.02^{a}	1.77±0.13^{b}	1.60±0.06^{b}	1.06±1.03^{bc}	1.04±0.06^{bc}	0.50±0.00^{cd}	0.25±0.00^{cd}	<1	<1
Anaerobic spore mesophilic bacteria (log cfu/g)	1.85±0.96	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Anaerobic psychrophilic bacteria (log cfu/g)	2.68±0.19^{a}	2.39±0.35^{a}	1.70±0.88^{ab}	1.12±0.87^{bc}	0.79±0.41^{bc}	0.50±0.71^{bc}	0.25±0.00^{c}	<1	<1
Lactic acid bacteria (log cfu/g)	2.18±0.08^{a}	1.40±0.45^{b}	1.32±0.24^{b}	1.12±0.52^{b}	0.79±0.41^{bc}	0.25±0.35^{cd}	<1	<1	<1
Yeast and Mold (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Bacillus cereus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Staphylococcus aureus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Escherichia coli (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Coliform (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Listeria spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Listeria monocytogenes	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clostridium perfringens	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Brochothrix thermosphacta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Salmonella spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

มาตรฐานจุลินทรีย์และภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ประเทศไทย กำหนดว่า จุลินทรีย์ทั้งหมด <5.7 log cfu/g *S. aureus* < 1.0 log cfu/g *E. coli* <3 MPN/g, *Salmonella* spp., *Listeria* spp. *L. monocytogenes*, *C. Perfringens* และ *B. thersphacta* ห้ามพบในผลิตภัณฑ์

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ND ตรวจไม่พบใน 25 กรัมต่อผลิตภัณฑ์

[i] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

bacteria พบว่าจุลินทรีย์มีการเจริญเฉพาะก่อนการเก็บรักษา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gadekar *et al.* (2014) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งมีสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญจุลินทรีย์ โดยปกติจุลินทรีย์ต้องการน้ำสำหรับดำรงชีวิต แต่ในสภาวะแช่เยือกแข็งน้ำมีการแข็งตัวทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ได้ทำให้จุลินทรีย์ค่อย ๆ ตายลง และ Vanitha *et al.* (2013) รายงานว่าปริมาณที่ลดลงของจุลินทรีย์เป็นมาจากการแช่เยือกแข็งโดยจุลินทรีย์จะลดลงในระหว่างการเก็บรักษา

ทั้งนี้ตลอดการเก็บรักษาตรวจพบปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 1.00 log cfu/g นอกจากนี้ตรวจพบปริมาณ Total coliforms และ *E. coli* น้อยกว่า 3.00 MPN/g ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งเป็นตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารกำหนด และตลอดการเก็บรักษาของตัวอย่างครั้งนี้ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เสื่อมเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *B. thermosphacta, S. aureus, Salmonella* spp., *Listeria* spp., *L. monocytogenes*, *C. perfringens* และ *B. cereus* ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Paik *et al* (2006); Carlin *et al.* (2000) และ Díaz *et al.* (2008) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการปรุงสุกแบบพาสเจอไรซ์ (70 องศาเซลเซียส 2 นาที) และแช่เย็น (2-3 องศาเซลเซียส) ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรค *B. cereus*, *C. perfringens, S. aureus* และ *L. monocytogenes*

4.1.2.2 คุณภาพทางกายภาพ-เคมี

การศึกษาการสูญเสียน้ำระหว่างการละลาย (Thawing loss, %) ของตัวอย่างครั้งนี้พบว่ามีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการละลายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 วัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4.57-8.83% (ตารางที่ 4.6) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Holman *et al.* (2017) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ มีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการละลายเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นและ Muela *et al.* (2015) รายงานว่าเนื้อแกะที่เก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 เดือน มีการสูญเสียน้ำระหว่างการละลายมากขึ้น เนื่องจากขนาดของผลึกน้ำแข็งในเนื้อจะขยายขนาดใหญ่เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Fernández *et al.* (2007) ที่พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อหมักแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลานานไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเนื้อเยื่อในเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ แต่ขนาดของผลึกน้ำแข็งที่ล้อมรอบชิ้นเนื้อและบริเวณผิวหน้าจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อมีการละลายผนึกน้ำแข็งรอบ ๆ นี้จะเหนี่ยวนำให้น้ำอิสระภายในเนื้อซึมออกมาด้วย มีผลทำให้การสูญเสียน้ำจากการละลายเพิ่มขึ้น

การศึกษาค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการย่างของตัวอย่างครั้งนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.7) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.50-22.49% แสดงให้เห็นว่าการสูญเสียน้ำระหว่างการย่างจะลดลงหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 180 วัน ซึ่งการสูญเสียน้ำระหว่างการย่างเกิดจากน้ำบริเวณผิวหน้าเกิดการระเหยและถูกกำจัดด้วยความร้อน ทำให้น้ำจากใจกลางผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 240 วัน

พารามิเตอร์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)								
	0	30	60	90	120	150	180	210	240
การสูญเสียน้ำระหว่างการละลาย (Thawing loss, %)	4.57±1.27[b, §, ĵ]	5.39±0.34[b]	5.91±1.05[b]	6.81±1.15[ab]	8.38±0.63[a]	8.83±1.09[a]	6.61±2.12[ab]	6.80±1.23[ab]	8.35±2.76[a]
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.18±0.04[a]	6.13±0.03[ab]	6.12±0.03[ab]	6.18±0.22[a]	5.97±0.20[b]	6.04±0.05[ab]	6.11±0.09[ab]	6.12±0.09[ab]	5.99±0.13[b]
ค่าความสว่าง (Lightness)	39.18±2.54[a]	36.87±2.99[ab]	35.89±1.05[abc]	32.25±4.85[cd]	35.19±3.95[abc]	33.22±3.64[bcd]	29.07±6.02[d]	30.38±4.26[d]	31.86±6.56[cd]
ค่าสีแดง (Redness)	9.190.80[b]	14.69±2.29[a]	14.91±2.13[a]	16.72±4.03[a]	14.25±1.93[a]	16.34±4.21[a]	11.09±3.97[b]	16.83±3.13[a]	15.39±3.03[a]
ค่าสีเหลือง (Yellowness)	11.82±0.66[b]	13.11±3.84[ab]	13.19±3.93[ab]	16.76±6.96[a]	12.16±3.19[b]	14.45±3.79[ab]	7.76±2.19[c]	14.14±4.00[ab]	13.18±3.58[ab]
ค่าความสดใส (Chroma)	15.01±0.34[cd]	19.76±4.14[ab]	19.96±4.16[ab]	23.76±7.76[a]	18.78±3.46[bc]	21.83±5.61[ab]	13.57±4.44[d]	22.03±4.90[ab]	20.29±4.60[ab]
ค่าองศาของสี (Hue angle)	52.12±3.73[a]	41.01±5.00[bc]	40.66±4.75[bc]	43.68±4.87[b]	39.89±4.11[bc]	41.47±2.34[bc]	35.61±4.24[d]	39.45±3.53[c]	40.16±2.48[bc]
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	16.31±5.73[e]	14.97±3.57[e]	23.31±3.43[d]	28.75±7.08[c]	29.62±7.59[c]	37.07±7.14[b]	40.87±7.98[a]	42.40±6.73[a]	42.97±7.64[a]
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N)	10.10±4.47[f]	10.49±2.55[f]	16.30±2.95[e]	30.48±3.32[d]	28.88±7.74[d]	37.14±8.60[c]	41.21±8.88[b]	43.10±7.42[b]	50.30±10.15[a]
ค่าความเหนียว (Gumminess, N)	11.79±3.54[e]	11.56±2.62[e]	16.98±1.84[d]	23.05±6.02[c]	22.23±5.58[c]	27.14±4.75[b]	30.75±6.72[a]	32.58±7.04[a]	33.01±6.21[a]
ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness, ratio)	0.74±0.07[cd]	0.77±0.02[ab]	0.73±0.06[d]	0.79±0.02[a]	0.75±0.01[bcd]	0.73±0.03[d]	0.74±0.02[bcd]	0.76±0.05[bcd]	0.76±0.02[bc]
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	0.77±0.04	0.81±0.05	0.78±0.06	0.79±0.03	0.77±0.04	0.78±0.05	0.80±0.06	0.76±0.12	0.76±0.06
การออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	2.43±0.01[d]	2.62±0.11[bcd]	2.64±0.08[bcd]	2.69±0.07[bcd]	2.76±0.08[bc]	2.82±0.05[b]	1.27±0.39[e]	3.51±0.21[a]	2.47±0.26[cd]
ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (μmol tyrosine/g)	2.09±0.04	2.33±0.28	2.17±0.20	2.11±0.11	2.35±0.48	2.19±0.22	2.23±0.22	2.36±0.48	2.18±0.04

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[ĵ] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เคลื่อนที่ออกมาอยู่บริเวณผิวหน้าแทน เป็นสาเหตุให้การสูญเสียน้ำระหว่างการย่างเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ลดลงมีผลทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองข้างต้นในการเก็บรักษาตัวอย่างครั้งนี้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 49 วัน พบว่าค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการย่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากวิธีการซูวีมีผลต่อผลิตภัณฑ์กล่าวคือการใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้การสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น

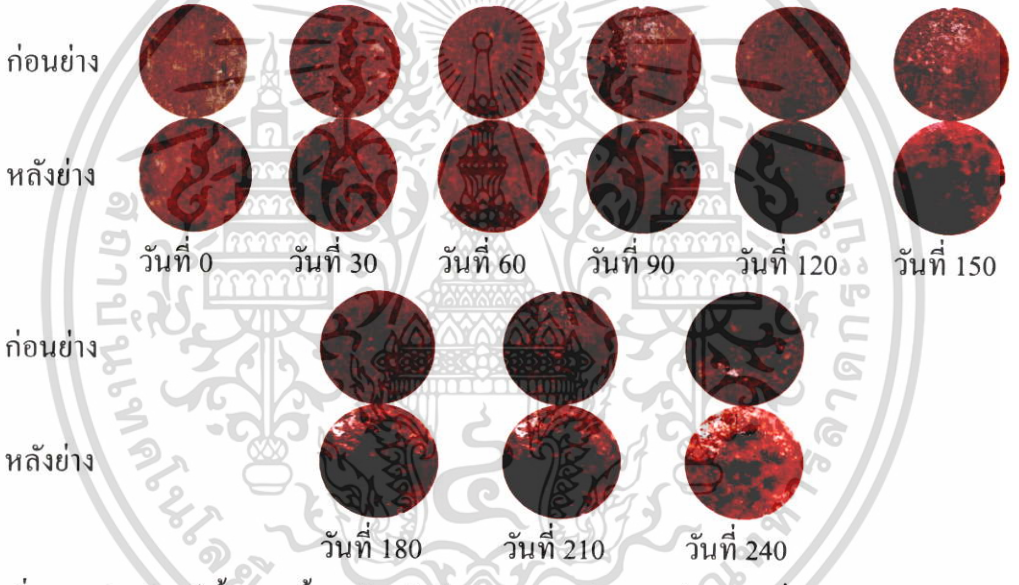
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างครั้งนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มขึ้นในช่วงการเก็บรักษาที่ 90 วัน (ตารางที่ 4.6) และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลง โดยค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.97-6.18 Öztürk Kerimoğlu *et al.* (2020) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างเกิดจากการเสียสภาพของโปรตีนกล้ามเนื้อทำให้เกิดสารที่มีสภาวะเป็นด่าง จึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างครั้งนี้หลังการย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.7) ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงตลอดการเก็บรักษาที่ 180 วัน และเพิ่มขึ้นเมื่อตัวอย่างมีอายุการเก็บรักษา 240 วัน (ตารางที่ 4.7) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 5.88-6.22

การศึกษาค่าสีของตัวอย่างครั้งนี้พบว่าค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ค่าความสดใสและค่าองศาของสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.6) โดยค่าความสว่างลดลงตลอดการเก็บรักษา 180 วัน ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29.07-39.18 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างในสภาวะแช่เยือกแข็งเกิดจากการออกซิเดชันของรงควัตถุในกล้ามเนื้อ Jeremiah (2001) รายงานว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านความร้อนก่อนการเก็บรักษาจะเร่งการออกซิเดชันระหว่างรงควัตถุกับสารเปอร์ออกไซด์ให้เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านความร้อนมีค่าความสว่างลดลงและ Belibağli and Ersan (2018) รายงานว่าสีของเนื้อเกี่ยวข้องกับระดับของค่าความเป็นกรด-ด่างในทางกลับกันค่าความเป็นกรด-ด่างจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการอุ้มน้ำบริเวณพื้นที่ผิวหน้าซึ่งมีผลในการเพิ่มหรือลดการดูดกลืนแสง นอกจากนี้ยังใกล้เคียงกับรายงานของ Holman *et al. (*2017) ที่พบว่าเนื้อหรือผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็งเป็นเวลาอย่างน้อย 12 สัปดาห์ ค่าจะสีแดงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสีเหลืองไม่มีการเปลี่ยนแปลงและค่าความสดใสจะลดลง และ Coombs *et al.* (2017a) รายงานว่าเนื้อแกะที่รักษาแบบแช่แข็ง เป็นเวลา 6 เดือน มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าองศาของสีมีสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับค่าสีแดง เนื่องจากปริมาณการเสียสภาพของเมทไมโอโกลบินลดลง (del Pulgar et al. 2012)

การวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างครั้งนี้เมื่อผ่านความร้อนด้วยการย่าง (ภาพที่ 4.2) พบว่าค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ค่าความสดใสและค่าองศาของสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.7) ซึ่งค่าความสว่างลดลงเนื่องจากการให้ความร้อนด้วยการย่างจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในระหว่างการย่างซึ่งน้ำที่ซึมออกมาจะพาเอารงควัตถุในเนื้อออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tangwatcharin *et al.* (2019) รายงานว่าค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงมีค่าลดลงซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา และสอดคล้องกับการทดลองของ Geileskey *et al.* (1998) ที่รายงานว่าค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเกิดจากปริมาณการเสียสภาพของดีเนเจอร์เมทไมโอโกลบิน เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 70 องศาเซลเซียส ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ del Pulgar *et al.* (2012) รายงานว่าค่าความสดใสจะเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของเมทไมโอโกลบิน แต่ยังรวมถึงระดับของการเสียสภาพของเมทไมโอโกลบิน ในเนื้อหลังการให้ความร้อนอีกครั้งด้วย ส่วนค่าองศาของสีจะมีความสัมพันธ์ร่วมกับค่าสีแดงที่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณเสียสภาพของเมทไมโอโกลบิน กล่าวคือถ้าเมทไมโอโกลบินเสียสภาพมากขึ้นค่าองศาของสีจะสูงขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการย่าง

การศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างครั้งนี้ พบว่าค่าความแข็ง ค่าความยากในการเคี้ยว ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.6) สอดคล้องกับงานวิจัยของ del Pulgar *et al.* (2012) ที่รายงานว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนไมโอไฟบริลลาและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เนื่องจากความร้อนทำให้โปรตีนเสียสภาพและเกิดจากการสูญเสียน้ำภายในกล้ามเนื้อทำให้กล้ามเนื้อแข็งมากขึ้น รวมถึงอาจเป็นผลมาจากค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงใกล้จุดไอโซอิเล็กทริกของแอกตินและไมโอซินในเนื้อเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ-18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 240 วัน

พารามิเตอร์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)								
	0	30	60	90	120	150	180	210	240
การสูญเสียน้ำหลังการย่าง (Grilling loss, %)	8.50±0.67$^{d, \S, \dagger}$	10.39±4.40^{cd}	14.25±1.96^{c}	15.30±1.04^{bc}	21.49±4.78^{a}	22.49±4.31^{a}	19.48±5.33^{ab}	19.18±5.08^{ab}	22.00±1.74^{a}
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.22±0.08^{a}	6.19±0.04^{a}	6.08±0.05^{bc}	5.97±0.01^{d}	5.89±0.10^{e}	6.11±0.11^{b}	6.05±0.02^{bcd}	6.02±0.02^{cd}	5.88±0.04^{e}
ค่าความสว่าง (Lightness)	30.41±0.91^{c}	35.87±2.08^{a}	34.38±1.37^{ab}	27.92±2.40^{d}	32.74±1.59^{bc}	30.22±1.96^{c}	25.84±2.39^{e}	26.66±1.26^{de}	27.66±3.60^{de}
ค่าสีแดง (Redness)	13.36±1.77^{d}	13.69±3.26^{d}	15.11±2.21^{cd}	20.02±2.94^{a}	15.45±1.82^{cd}	18.67±2.06^{ab}	12.85±5.83^{d}	18.53±2.36^{ab}	17.09±1.83^{bc}
ค่าสีเหลือง (Yellowness)	14.84±1.82^{bc}	12.11±4.83^{cd}	13.13±4.11^{bcd}	22.38±5.27^{a}	14.90±2.31^{bc}	16.27±2.11^{b}	10.19±4.96^{d}	16.28±3.43^{b}	14.86±2.49^{bc}
ค่าความสดใส (Chroma)	19.24±2.47^{cd}	18.76±5.13^{cd}	20.10±4.28^{cd}	30.07±5.77^{a}	21.54±2.31^{bc}	24.77±2.90^{b}	16.43±7.59^{d}	24.72±3.87^{b}	22.66±1.98^{bc}
ค่าองศาของสี (Hue angle)	46.01±1.73^{ab}	40.02±5.82^{d}	40.03±5.39^{d}	47.66±3.41^{a}	43.84±4.86^{bc}	41.04±1.27^{cd}	38.08±3.92^{d}	40.90±3.67^{cd}	40.81±1.99^{cd}
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	20.57±5.00^{e}	16.97±4.29^{f}	24.64±3.67^{d}	32.43±5.31^{c}	33.29±5.73^{c}	42.14±5.48^{b}	50.08±4.51^{a}	51.48±7.24^{a}	49.65±6.90^{a}
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N)	11.38±2.95^{f}	11.82±3.55^{f}	17.21±2.65^{e}	33.51±2.14^{d}	20.69±6.66^{d}	43.59±6.10^{c}	48.57±6.00^{ab}	47.23±8.38^{b}	51.78±8.47^{a}
ค่าความเหนียว(Gumminess, N)	15.20±4.10^{e}	12.73±3.07^{f}	17.65±3.07^{d}	26.37±4.32^{c}	26.28±4.11^{c}	30.21±3.72^{b}	37.71±2.65^{a}	38.81±4.33^{a}	37.72±5.12^{a}
ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness, ratio)	0.71±0.16^{d}	0.75±0.01^{bcd}	0.71±0.08^{cd}	0.81±0.01^{a}	0.79±0.03^{ab}	0.72±0.02^{cd}	0.76±0.02^{bcd}	0.76±0.04^{bcd}	0.76±0.02^{bc}
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	0.71±0.17^{b}	0.79±0.04^{a}	0.77±0.06^{a}	0.78±0.04^{a}	0.78±0.04^{a}	0.78±0.04^{a}	0.80±0.06^{a}	0.81±0.07^{a}	0.78±0.06^{a}
การออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	2.63±0.01^{b}	2.72±0.07^{b}	2.73±0.09^{b}	2.75±0.11^{b}	2.78±0.06^{b}	2.95±0.22^{b}	3.29±1.08^{b}	4.35±0.41^{a}	3.18±0.15^{b}
ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (µmol tyrosine/g)	2.68±0.05^{bc}	2.28±0.07^{cd}	2.45±0.14^{bc}	3.05±1.03^{b}	2.85±0.58^{bc}	2.29±0.16^{cd}	2.58±0.31^{bc}	3.17±0.68^{a}	3.17±0.61^{a}

§ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

† ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ขึ้น นอกจากนี้ Romero *et al.*(2019) รายงานว่าแพ็ตตี้เนื้อโคมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน โดยอาจเป็นผลมาจากการสูญเสียน้ำและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนไมโอไฟบริลลาและสอดคล้องกับการศึกษาในผลิตภัณฑ์ตับแกะปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีของ Belibağli and Ersan (2018) ที่รายงานว่าค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น

การวิเคราะห์ค่าความแข็ง ค่าความยากในการเคี้ยว ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันและค่าความยืดหยุ่นของตัวอย่างครั้งนี้เมื่อผ่านความร้อนด้วยการย่างพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.7) ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ Tangwatcharin *et al.* (2019) ที่รายงานว่าค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงที่ปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของไมโอไฟบริลลาและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันซึ่งโปรตีนกล้ามเนื้อเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แข็งขึ้น เมื่อตัวอย่างมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น

การศึกษาการออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่างครั้งนี้หลังการเก็บรักษาและหลังการย่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.6-4.7) ซึ่งตัวอย่างหลังการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 1.28-3.51 mg MDA/kg meat และหลังการย่างมีค่าอยู่ในช่วง 2.63-4.05 mg MDA/kg meat ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและยอมรับว่าอยู่ในช่วงที่ปลอดภัย รวมถึงผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ โดยค่าออกซิเดชันของไขมันจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งการให้ความร้อนอีกครั้งเนื้อสัตว์จะมีค่าออกซิเดชันของไขมันเพิ่มสูงขึ้น โดยค่าที่เพิ่มขึ้นเกิดจากสารตั้งต้นมีการแปลสภาพทำให้เกิดสารมาลอนแอลดีไฮด์มากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Das *et al.* (2008) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อแพะเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งจะมีค่าออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดย Schormuller (1969) รายงานว่าค่าออกซิเดชันของไขมันของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ดีที่สุดคือ 1 mg MDA/kg meat รองลงมาคือ 3 และ 3-5 mg MDA/kg meat ซึ่งขีดจำกัดสูงสุดที่พบในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์คือ 8 mg MDA/kg meat อย่างไรก็ตามค่าออกซิเดชันของไขมันในตัวอย่างครั้งนี้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 1.28-3.51 mg MDA/kg meat

การศึกษาการวัดค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดของตัวอย่างครั้งนี้ระหว่างการเก็บรักษามีค่าแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.6) ซึ่งค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดจะเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันไปตลอดช่วงการเก็บรักษา โดยมีค่าระหว่างการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง 2.09-2.36 µmol tyrosine/g และหลังการย่างมีค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.7) มีค่าอยู่ในช่วง 2.28-4.05 µmol tyrosine/g โดย Coombs *et al.* (2017a) รายงานว่าการแช่เยือกแข็งมีผลต่อคุณภาพเนื้อเช่นเดียวกับการแช่เย็น ซึ่งทำให้อัตราการย่อยสลายโปรตีนเกิดขึ้นช้าลงหรือช่วยชะลอการย่อยสลายโปรตีนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส และอาจเร่งการออกซิเดชันของโปรตีนทำให้ลดการละลายของโปรตีนเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า -10 องศาเซลเซียส

4.1.2.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อตัวอย่างครั้งนี้หลังการเก็บรักษาและหลังการย่างในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นไม่พึงประสงค์ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.8) ซึ่งพิจารณาจากลักษณะปรากฏพบว่าผู้บริโภคไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของตัวอย่างในแต่ละช่วงอายุการเก็บรักษาได้ เนื่องจากตัวอย่างแต่ละช่วงของการเก็บรักษามีความใกล้เคียงกัน ด้านสีของตัวอย่างหลังการเก็บรักษามีลักษณะเป็นสีแดงอมชมพูถึงสีแดงอมส้มดังภาพที่ 4.2 และตัวอย่างหลังการย่างมีสีน้ำตาลเข้มเนื่องจากเมทไมโอโกลบินเสียสภาพเกิดเป็นดีเนเจอร์เมทไมโอโกลบินเกิดเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น รวมถึงเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลรีดิวส์กับกรดอะมิโนโดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลและกลิ่นรสต่าง ๆ และมีผลทำให้ตัวอย่างมีสีคล้ำสอดคล้องกับค่าสีในการทดลองในการวิเคราะห์ค่าสี ซึ่งผู้บริโภคไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของแต่ละช่วงการเก็บรักษาได้

คุณภาพด้านกลิ่นไม่พึงประสงค์ของตัวอย่างครั้งนี้เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบแช่เยือกแข็งทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าทางเคมี-กายภาพแต่ผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ซึ่งกลิ่นที่แสดงออกมาเป็นกลิ่นหืนเนื่องจากการออกซิเดชันของไขมัน โดยกลิ่นหืนจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นซึ่งที่สามารถวัดได้จากการทดลองข้างต้น เป็นผลมาจากการเก็บรักษาตัวอย่างแบบแช่เยือกแข็งสามารถชะลอการออกซิเดชันของไขมันและโปรตีนให้เกิดขึ้นได้ และความชอบโดยรวมพบว่าผู้บริโภคสามารถยอมรับตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ได้ เนื่องจากเมื่อประเมินจากลักษณะทั้งหมดตัวอย่างครั้งนี้ยังคงใกล้เคียงกับตัวอย่างวันที่ 0 แม้ตัวอย่างครั้งนี้จะมีอายุการเก็บ 240 วัน ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Das *et al.* (2008) ที่ทำการวิจัยในผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อแพะแช่เยือกแข็งพบว่าผู้บริโภคมีความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บมากกว่า 90 วัน ทั้งนี้การทดสอบสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคสามารถยอมรับตัวอย่างเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 240 วัน

4.1.3 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นแช่เยือกแข็ง

จากการศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ด้านจุลินทรีย์ เคมี-กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าตัวบ่งชี้การเน่าเสียหรือการยอมรับได้คือคุณภาพด้านจุลินทรีย์ โดยพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (2560) พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงควรมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงก่อนและหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 240 วัน

พารามิเตอร์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)								
	0	30	60	90	120	150	180	210	240
ลักษณะหลังการซูวี (Sous-vide)									
ลักษณะปรากฏ (Appearance)	8.00±1.00[§]	7.50±1.76	7.29±1.70	7.00±1.63	6.86±1.57	6.86±1.77	6.86±3.18	6.50±1.93	6.64±1.59
สีของชิ้นเนื้อ (Color)	8.21±0.91	7.93±0.93	7.29±1.60	7.28±1.21	6.86±1.31	6.86±1.34	6.79±1.28	6.64±1.31	6.50±1.32
กลิ่นไม่พึงประสงค์ (Off-odor)	7.64±1.65	7.50±1.44	7.21±1.52	7.00±1.91	6.71±1.60	6.64±1.37	6.43±1.72	5.93±0.93	5.57±1.51
ความชอบโดยรวม (Overall acceptability)	7.93±1.24	7.57±1.36	7.14±1.68	7.07±1.23	6.71±1.11	6.57±1.42	6.50±1.38	6.42±1.27	6.29±1.13
ลักษณะหลังการย่าง (Grilled)									
ลักษณะปรากฏ (Appearance)	7.79±1.52[§]	7.43±1.27	7.36±1.37	7.14±1.21	7.21±1.41	7.14±0.89	6.71±1.88	6.57±2.29	6.57±2.22
สีของชิ้นเนื้อ (Color)	7.64±1.24	7.57±1.61	7.14±1.49	7.00±1.15	6.64±1.65	6.28±2.05	6.14±1.95	6.00±2.31	6.00±1.82
กลิ่นไม่พึงประสงค์ (Off-odor)	8.00±0.81	7.71±0.76	7.57±0.93	7.43±0.98	7.29±1.79	7.14±1.46	7.07±1.78	6.78±1.34	6.50±1.71
ความชอบโดยรวม (Overall acceptability)	7.64±0.94	7.50±1.38	7.35±0.94	7.29±1.46	7.14±0.89	7.00±1.41	6.64±1.37	6.86±2.05	6.57±1.36

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* ผู้บริโภคปฏิเสธเมื่อค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 5.00

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่ม Aerobic mesophilic bacteria ไม่ควรเกิน 5.70 log cfu/g เป็นตัวบ่งบอกถึงระดับการเน่าเสียหรือการยอมรับได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาที่ 28 วัน สอดคล้องกับคุณภาพทางเคมี-กายภาพที่ลดลง โดยเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาและหลังการย่างเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีค่าความสว่างลดลง และค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และเกิดการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น รวมทั้งค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมลดลง

ในขณะที่การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ลดลงจนไม่สามารถตรวจพบในผลิตภัณฑ์ จึงไม่สามารถใช้คุณภาพด้านจุลินทรีย์เป็นเกณฑ์การตัดสินได้ เมื่ออายุการเก็บรักเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามจากการศึกษาคุณภาพทางเคมี-กายภาพในระหว่างการเก็บรักษา โดยค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาและหลังการย่างเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีค่าความสว่างลดลง และค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และเกิดการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น รวมทั้งค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมลดลง ทำให้ผู้บริโภคมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ลดลง ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาอย่างน้อย 240 วัน

4.2 การทำนายอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง

4.2.1 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องสาเซลเซียส

4.2.1.1 คุณภาพทางจุลินทรีย์

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงทั้ง 3 อุณหภูมิพบว่าจุลินทรีย์กลุ่ม Aerobic mesophilic bacteria, Aerobic Psychrophilic bacteria, Anerobic mesophilic bacteria, Anerobic Psychrophilic bacteria และ Lactic acid bacteria (ตารางที่ 4.9) เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และจากการพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข (2562) ซึ่งใช้เกณฑ์เดียวกับตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างครั้งนี้เป็นไปตามที่ข้อกำหนด โดยเมื่อตัวอย่างมีอายุการเก็บรักษาที่ 35, 7 วัน และ 24 ชั่วโมง มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า 5.70 log cfu/g ซึ่งใกล้เคียงกับ Cobos and Diaz (2007) รายงานว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขาหมูหมักเกลือปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีที่อุณหภูมิ 2 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วันพบจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteriaและแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 จำนวนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 56 วัน

ชนิดของจุลินทรีย์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	0	14	21	28	35	42	49	56
Aerobic mesophilic bacteria (log cfu/g)	3.17±0.15^{e}	3.23±0.21^{e}	3.80±0.21d^{e}	4.31±0.11^{cd}	4.87±0.28^{c}	6.09±0.67^{b}	6.88±0.42^{a}	7.42±0.56^{a}
Aerobic spore mesophilic bacteria (log cfu/g)	1.72±0.22	<1	1.68	<1	<1	<1	<1	<1
Aerobic Psychrophilic bacteria (log cfu/g)	3.17±0.13^{f}	3.84±0.81^{ef}	4.42±0.69^{de}	4.97±0.50^{cd}	5.67±0.71^{c}	6.54±1.06^{b}	7.31±089^{ab}	7.61±0.85^{a}
Anaerobic mesophilic bacteria (log cfu/g)	3.19±0.22^{d}	3.39±0.10^{d}	3.87±0.61^{cd}	4.79±1.17^{bc}	5.01±1.02^{b}	6.09±0.29^{a}	6.47±0.25^{a}	7.04±0.04^{a}
Anaerobic spore mesophilic bacteria (log cfu/g)	1.85±0.96	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Anaerobic Psychrophilic bacteria (log cfu/g)	2.88±0.47^{e}	4.17±0.54^{d}	4.85±0.35^{cd}	5.50±0.37^{bc}	6.26±0.43^{ab}	6.80±0.71^{a}	7.22±0.91^{a}	7.32±0.87^{a}
Lactic acid bacteria (log cfu/g)	2.45±0.29^{e}	2.13±1.10^{de}	2.73±1.48^{de}	3.88±0.34^{cd}	4.49±0.17^{bc}	5.90±0.04^{ab}	6.34±0.23^{a}	6.82±0.17^{a}
Yeast and Mold (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Bacillus cereus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Staphylococcus aureus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
E*scherichia coli* (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Total coliform (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3	3.6	9.2	20
Listeria spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Listeria monocytogenes	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clostridium perfringens	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Brochothrix thermosphacta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Salmonella spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

มาตรฐานจุลินทรีย์และภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ประเทศไทย กำหนดว่า จุลินทรีย์ทั้งหมด <5.7 log cfu/g *S. aureus* < 1.0 log cfu/g *E. coli* <3 MPN/g, *Salmonella* spp., *Listeria* spp. *L. monocytogenes*, *C. Perfringens* และ *B. thersphacta* ห้ามพบในผลิตภัณฑ์ ; ND ตรวจไม่พบใน 25 กรัมต่อผลิตภัณฑ์

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[i] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

แลคติกมีการเจริญอย่างช้า ๆและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ขาหมูหมักที่ผ่านการปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีจะช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับการปนเปื้อนเริ่มต้น นอกจากนี้ Kim *et al.* (2019) รายงานว่าจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteria เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญซึ่งสะท้อนถึงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของเนื้อสุกรปรุงสุกด้วยวิธีการซูวี โดยการรอดชีวิตของจุลินทรีย์จากกระบวนการพาสเจอไรซ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีเกิดการเน่าเสีย นั้นแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์อาจมีจุลินทรีย์เหลือรอดอยู่และหากสภาวะแวดล้อมเหมาะสมจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถกลับมาเจริญเติบโตต่อได้ โดยจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นตลอดการการเก็บรักษา นอกจากนี้การทดลองของ Dogruyol and Mol (2016) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาเนื้อปลาแมคเคอเรลที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteria, Aerobic psychrophilic bacteria, Anaerobic mesophilic bacteria และ Anaerobic psychrophilic bacteria เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา และ Paik *et al.* (2006) รายงานว่าจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteria ที่รอดชีวิตจากกระบวนการพาสเจอไรซ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อเกิดการเน่าเสียที่อุณหภูมิไม่ปกติ ทั้งนี้จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อสภาวะแช่เย็นคือ จุลินทรีย์ Psychrophilic bacteria ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิในการศึกษา และด้วยความเสี่ยงต่อสุขภาพทำให้ต้องมีการศึกษาจุลินทรีย์ก่อโรคด้วย ซึ่งจุลินทรีย์ก่อโรคส่วนใหญ่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมปรุงตามมาตรฐานของความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของประเทศอังกฤษกำหนดไว้ว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมปรุงสามารถพบจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่ควรเกิน 6.00 log cfu/g (Paik *et al.* 2006) และตลอดอายุการเก็บรักษาของตัวอย่างวิจัยครั้งนี้พบว่ายีสต์และรามีปริมาณน้อยกว่า 1.00 log cfu/g แต่ตรวจพบยีสต์และราในวันที่ 7-10 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ในตัวอย่างครั้งนี้ตรวจพบ *E. coli* น้อยกว่า 3.00 MPN/g ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งเป็นตามข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารในประเทศและตรวจพบปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 42 8 วัน และ 12 ชั่วโมง (3.60, 93.00 และ 9.20 MPN/g ตามลำดับ) และตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เสื่อมเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *B. thermosphacta*, *B. cereus*, *Salmonella* spp., *Listeria* spp., *L. monocytogenes*, *C. perfringens* และ *S. aureus* ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Cobos and Diaz (2007) ที่รายงานว่าจุลินทรีย์ก่อโรคเหล่านี้ตรวจไม่พบในผลิตภัณฑ์ขาหมูหมักเกลือปรุงสุกด้วยวิธีการซูวี เนื่องจากจุลินทรีย์ก่อโรคเมื่อผ่านความร้อนจากวิธีการซูวีจะทำให้จุลินทรีย์ที่เหลือรอดได้รับความเสียหายบริเวณผนังเซลล์หรือเกิดความเครียดทำให้ต้องใช้เวลาในการซ่อมแซมและกลับมาเจริญได้อีกครั้ง หากสภาวะแวดล้อมเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 จำนวนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน

ชนิดของจุลินทรีย์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	0	3	5	7	8	9	10	11
Aerobic mesophilic bacteria (log cfu/g)	3.17±0.15^{e}	3.76±0.16^{de}	4.42±0.47^{d}	5.32±0.16^{c}	6.06±0.69^{bc}	6.34±0.81^{ab}	6.64±0.71^{ab}	7.19±0.01^{a}
Aerobic spore mesophilic bacteria (log cfu/g)	1.72±0.22	<1	<1	<1	1.72	<1	<1	<1
Aerobic Psychrophilic bacteria (log cfu/g)	3.17±0.13^{e}	3.59±0.23^{e}	4.06±0.56^{de}	4.89±0.58^{cd}	5.72±1.26^{bc}	6.15±0.86^{ab}	6.41±1.03^{ab}	6.75±0.82^{a}
Anaerobic mesophilic bacteria (log cfu/g)	3.19±0.22^{f}	3.80±0.14^{e}	4.36±0.42^{d}	5.50±0.38^{c}	5.96±0.80^{c}	6.52±0.40^{b}	6.90±0.64^{b}	7.97±0.39^{a}
Anaerobic spore mesophilic bacteria (log cfu/g)	1.85±0.96	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Anaerobic Psychrophilic bacteria (log cfu/g)	2.88±0.47^{f}	3.89±0.85^{e}	4.91±0.37^{d}	5.53±0.14^{d}	6.42±0.70^{c}	6.71±0.61^{bc}	7.34±1.08^{ab}	7.74±0.76^{a}
Lactic acid bacteria (log cfu/g)	2.45±0.29^{e}	2.97±0.85^{de}	3.87±1.05^{cd}	4.74±0.92^{bc}	5.59±1.29^{ab}	5.91±1.51^{a}	6.08±1.68^{a}	6.61±1.07^{a}
Yeast and Mold (log cfu/g)	<1	<1	<1	1.97±0.11	1.76±0.24	2.04±0.06	1.15±0.16	<1
Bacillus cereus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Staphylococcus aureus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
E*scherichia coli* (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Total coliform (MPN/g)	<3	-	-	-	93	120	160	>1100
Listeria spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Listeria monocytogenes	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clostridium perfringens	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Brochothrix thermosphacta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Salmonella spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

มาตรฐานจุลินทรีย์และภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ประเทศไทย กำหนดว่า จุลินทรีย์ทั้งหมด <5.7 log cfu/g *S. aureus* < 1.0 log cfu/g *E. coli* <3 MPN/g, *Salmonella* spp., *Listeria* spp. *L. monocytogenes*, *C. Perfringens* และ *B. thersphacta* ห้ามพบในผลิตภัณฑ์ ; ND ตรวจไม่พบใน 25 กรัมต่อผลิตภัณฑ์

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[1] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.11 จำนวนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 66 ชั่วโมง

ชนิดของจุลินทรีย์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	0	12	24	36	48	54	60	66
Aerobic mesophilic bacteria (log cfu/g)	3.04±0.04^{d}	3.37±0.14^{d}	5.24±0.74^{c}	6.29±0.62^{b}	6.93±0.13^{b}	7.91±0.30^{a}	8.23±0.03^{a}	8.55±0.21^{a}
Aerobic spore mesophilic bacteria (log cfu/g)	1.72±0.22	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Aerobic Psychrophilic bacteria (log cfu/g)	3.17±0.13^{g}	3.89±0.30^{f}	4.84±0.09^{e}	6.34±0.43^{d}	6.94±0.09^{c}	7.92±0.15^{b}	8.23±0.01^{ab}	8.46±0.21^{a}
Anaerobic mesophilic bacteria (log cfu/g)	3.19±0.22^{e}	3.95±0.98d^{e}	5.18±0.74^{cd}	6.27±0.67^{bc}	6.94±0.17^{ab}	7.70±0.095^{ab}	8.12±0.17^{a}	8.51±0.29^{a}
Anaerobic spore mesophilic bacteria (log cfu/g)	1.85±0.96	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Anaerobic Psychrophilic bacteria (log cfu/g)	2.88±0.47^{d}	3.55±0.88^{d}	5.10±0.79^{c}	6.08±0.97^{bc}	6.94±0.18^{ab}	7.69±0.67^{a}	8.20±0.43^{a}	8.52±0.02^{a}
Lactic acid bacteria (log cfu/g)	2.25±0.01^{d}	2.97±0.45^{d}	4.95±0.89^{c}	5.99±1.82^{bc}	6.86±1.45^{ab}	7.90±0.13^{a}	8.02±0.21^{a}	8.20±0.10^{a}
Yeast and Mold (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Bacillus cereus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Staphylococcus aureus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
E*scherichia coli* (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Total coliform (MPN/g)	<3	9.2	120	160	240	>1100	>1100	>1100
Listeria spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Listeria monocytogenes	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clostridium perfringens	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Brochothrix thermosphacta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Salmonella spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

มาตรฐานจุลินทรีย์และภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ประเทศไทย กำหนดว่า จุลินทรีย์ทั้งหมด <5.7 log cfu/g *S, aureus* < 1.0 log cfu/g *E, coli* <3 MPN/g, *Salmonella* spp., *Listeria* spp. *L. monocytogenes*, *C. Perfringens* และ *B. thersphacta* ห้ามพบในผลิตภัณฑ์ ; ND ตรวจไม่พบใน 25 กรัมต่อผลิตภัณฑ์

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[ǂ] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2.1.2 คุณภาพทางกายภาพ-เคมี

การศึกษาการสูญเสียน้ำระหว่างเก็บรักษาของตัวอย่างครั้งนี้ทั้ง 3 อุณหภูมิ (0 10 และ 20 องศาเซลเซียส) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.12-4.14) ซึ่งการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาที่สูงขึ้นอาจเชื่อมโยงกับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลง เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงและยิ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกับจุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric) ของโปรตีนเนื้อสัตว์ (ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.10) จะส่งผลให้สูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาจะเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Huff-Lonergan (2010) และ Mungure *et al.* (2016) ที่รายงานว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังใกล้เคียงกับ Lee and Yoon (2001) ที่ทดลองเก็บรักษาเนื้อโคที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 52 วัน พบว่าค่าการสูญเสียน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลง และในการทดลองของ Marapana *et al.* (2018) รายงานว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่เก็บรักษา 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน มีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างเก็บ รักษาไม่แตกต่างกัน ซึ่ง Rooyen *et al.* (2018) รายงานว่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อโคมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้นด้วย และค่าการสูญเสียน้ำระหว่างเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลเชิงลบต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง

การศึกษาค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการย่างของตัวอย่างครั้งนี้ตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส ใกล้เคียงกันตลอดการเก็บรักษา ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.15-4.17) ซึ่งทำการศึกษาเพียง 42 7 วัน และ 24 ชั่วโมง สืบเนื่องมาจากการพิจารณาความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ ซึ่งใกล้เคียงการทดลองของ Ferreira *et al.* (2016) และ Juárez *et al.* (2010) ที่รายงานว่าเมื่อนำแพ็ตตี้ไก่และเนื้อกระบือมาผ่านความร้อนด้วยการย่างจะเกิดการสูญเสียน้ำระหว่างการย่างประมาณ 13.15% และจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างครั้งนี้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 20 องศาเซลเซียส มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.12 และ 4.14) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างจะค่อย ๆ ลดลงและเพิ่มขึ้นสลับกันตลอดอายุการเก็บรักษา สาเหตุของการลดลงอาจเกิดจากแบคทีเรียแลคติกบางชนิดสามารถหมักน้ำตาลเกิดเป็นกรดแลคติก เนื่องจากกรดที่ได้จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างลดลง (Lee and Yoon. 2001; Olaoye *et al.* 2011) ยกเว้นค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างครั้งนี้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.13) ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ Gribble *et al.* (2014) ที่พบว่าการเก็บรักษาเนื้อแกะที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเรื่อย ๆ โดยเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียแลคติก

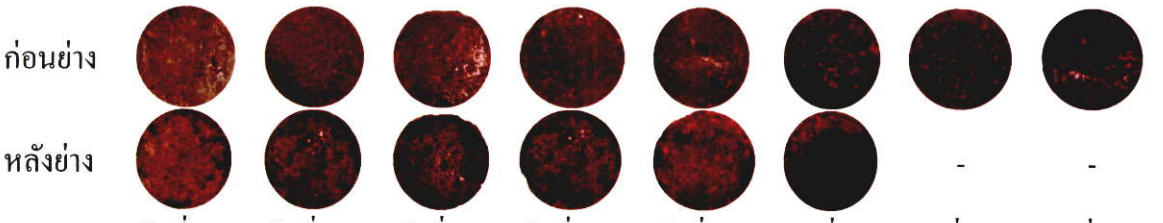
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 56 วัน

พารามิเตอร์	อายุการเก็บรักษา (วัน)							
	0	14	21	28	35	42	49	56
การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (Purge loss, %)	4.58±1.28^{c,§,ĭ}	3.95±1.34^{cd}	3.66±0.98^{d}	4.30±0.75^{c}	4.81±1.51^{c}	6.98±1.14^{b}	7.10±1.83^{ab}	7.48±1.05^{a}
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.18±0.05^{ab}	6.06±0.04^{bc}	6.23±0.07^{a}	6.19±0.08^{ab}	6.13±0.02^{abc}	6.08±0.05^{abc}	6.00±0.29^{c}	5.86±0.13^{d}
ค่าความสว่าง (Lightness)	39.18±2.54	42.38±3.08	42.56±2.57	43.23±1.96	40.85±2.54	42.59±2.71	41.16±2.88	41.80±2.65
ค่าสีแดง (Redness)	9.19±0.80^{d}	10.73±1.32^{bcd}	10.02±1.99^{cd}	10.71±1.83^{c}	10.98±1.92^{abc}	9.63±1.66^{cd}	12.17±0.90^{ab}	12.33±1.69^{a}
ค่าสีเหลือง (Yellowness)	11.83±0.66	11.40±0.89	10.93±1.55	11.21±1.19	10.75±0.93	10.89±1.13	10.87±1.66	11.54±0.54
ค่าความสดใส (Chroma)	15.01±0.34^{bc}	15.71±0.57^{abc}	14.95±1.53^{c}	15.62±0.86^{abc}	15.42±1.59^{bc}	14.57±1.72^{c}	16.35±1.59^{ab}	16.92±1.44^{a}
ค่าองศาของสี (Hue angle)	52.13±3.73^{a}	46.81±5.44^{abc}	47.65±7.76^{ab}	46.51±7.41^{bc}	44.72±5.35^{bc}	48.77±4.13^{ab}	41.59±3.66^{c}	43.35±3.59^{bc}
ลักษณะเนื้อสัมผัส								
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	16.31±5.72^{d}	18.60±4.83^{d}	24.12±3.92^{bc}	22.32±5.15^{c}	25.07±4.47^{bc}	26.80±6.63^{b}	30.26±6.96^{a}	33.45±6.96^{a}
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N)	10.10±4.48^{d}	17.16±2.91^{c}	16.71±5.03^{c}	15.05±4.09^{c}	16.99±4.14^{c}	22.68±10.03^{ab}	30.62±13.72^{a}	30.76±15.16^{a}
ค่าความเหนียว(Gumminess, N)	7.84±3.61^{d}	14.93±2.63^{bc}	13.17±4.32^{c}	12.59±3.62^{c}	13.41±3.63^{c}	18.47±7.47^{b}	24.15±10.46^{a}	24.33±11.76^{a}
ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness, ratio)	0.74±0.07^{d}	0.82±0.02^{ab}	0.73±0.01^{d}	0.76±0.02^{cd}	0.79±0.03^{bc}	0.68±0.13^{e}	0.83±0.03^{a}	0.78±0.04^{bc}
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	0.77±0.04^{c}	0.87±0.05^{a}	0.78±0.03^{c}	0.84±0.06^{b}	0.79±0.05^{c}	0.83±0.05^{b}	0.79±0.04^{c}	0.79±0.04^{c}
การออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	2.43±0.01^{c}	3.37±00.46^{b}	3.42±0.29^{b}	3.45±0.76^{b}	3.66±0.20^{b}	3.96±0.43^{ab}	4.13±0.74^{ab}	4.53±0.68^{ab}
ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (μmol tyrosine/g)	2.09±0.04^{c}	2.10±0.44^{c}	2.14±0.42^{c}	2.28±0.71^{bc}	2.36±0.34^{b}	2.42±0.48^{b}	2.54±0.34^{ab}	2.70±0.20^{a}

§ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ĭ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$



ภาพที่ 4.3 ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการย่าง; - ไม่มีภาพ เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

นอกจากนี้ Haouet *et al.* (2018) รายงานว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทูน่าและเนื้อไก่ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้การเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้จุลินทรีย์ที่ผลิตด่างมีจำนวนมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อนำตัวอย่างมาผ่านความร้อนด้วยการย่าง ค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่างการเก็บรักษาที่ 0 และ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.15 และ 4.16) ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างครั้งนี้ระหว่างการเก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.17) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งอยู่ในช่วง 6.01-6.22 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงเกิดจากการเสียสภาพโปรตีนระหว่างการย่าง เป็นผลให้สูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างหลังการย่างลดลงตามไปด้วย

การศึกษาค่าสี (ภาพที่ 4.3-4.5) พบว่าค่าความสว่างของการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.13 และ 4.14) ยกเว้นการเก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.12) สอดคล้องการการทดลองของ Arias *et al.* (2009); Chung *et al.* (2015) และ Paik *et al.* (2006) ที่รายงานว่าค่าความสว่างลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนค่าสีแดงของตัวอย่างครั้งนี้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าสีแดงจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลานานมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (Hung *et al.* 2020; Hwang *et al.* 2019) ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Díaz *et al.* (2008) พบว่าการเก็บรักษาเนื้อหมูสันนอกที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา ซึ่งเกิดจากปริมาณการเสียสภาพของเมทไมโอโกลบิน ในขณะที่ค่าสีเหลืองของตัวอย่างครั้งนี้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และสอดคล้องกับการทดลองของ Dogruyol and Mol. (2016); Diaz *et al.* (2011); Paik *et al.* (2006) และ Hwang *et al.* (2019) ที่พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผล

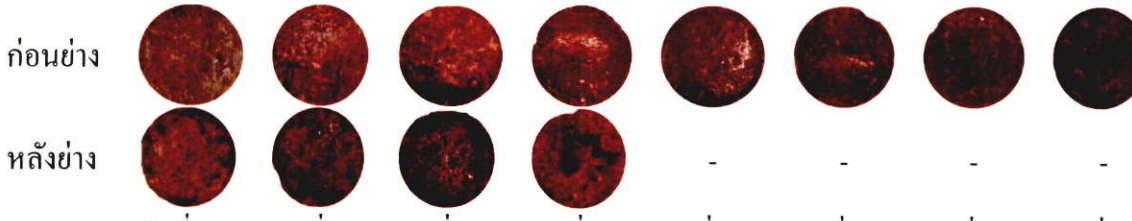
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน

พารามิเตอร์	อายุการเก็บรักษา (วัน)							
	0	3	5	7	8	9	10	11
การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (Purge loss, %)	4.58±1.29$^{bc§,\,i}$	4.03±1.13^{c}	3.59±0.78^{d}	3.73±0.26^{d}	3.84±1.17^{cd}	5.03±1.02^{b}	5.82±1.26^{ab}	5.97±1.29^{ab}
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.18±0.05	6.16±0.20	6.13±0.12	6.03±0.11	6.09±0.13	6.14±0.13	6.09±0.21	5.92±0.26
ค่าความสว่าง (Lightness)	39.18±2.54^{c}	41.36±3.68^{bc}	39.27±2.07^{c}	41.93±1.73^{b}	41.82±2.08^{b}	44.45±1.28^{a}	40.48±2.90^{bc}	42.13±2.87^{b}
ค่าสีแดง (Redness)	9.19±0.80^{c}	13.64±0.63^{a}	11.07±1.13^{b}	10.46±1.49^{bc}	10.99±1.81^{b}	9.23±1.92^{c}	11.40±1.70^{b}	9.77±1.48^{bc}
ค่าสีเหลือง (Yellowness)	11.82±0.66	11.06±0.46	11.28±1.01	10.78±1.35	9.91±1.38	11.01±0.78	11.74±2.78	11.50±0.93
ค่าความสดใส (Chroma)	15.01±0.34^{bc}	17.57±0.67^{a}	15.86±0.68^{bc}	15.05±1.80^{bc}	14.83±2.05^{bc}	14.46±1.13^{c}	16.44±2.79^{ab}	15.15±1.13^{bc}
ค่าองศาของสี (Hue angle)	52.13±3.73^{a}	39.03±1.39^{d}	45.55±4.98^{cd}	45.88±3.46^{bc}	42.13±3.80^{cd}	50.38±6.89^{ab}	45.47±5.86^{cd}	49.80±4.99^{ab}
ลักษณะเนื้อสัมผัส								
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	16.31±5.72^{e}	19.63±5.29^{bc}	23.35±7.80^{ab}	23.88±11.10^{ab}	26.23±15.06^{a}	15.78±12.07^{a}	26.74±7.78^{a}	25.15±6.67^{a}
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N)	10.10±4.47^{d}	13.91±2.92^{c}	15.81±3.21^{bc}	16.78±4.51^{abc}	17.32±7.52^{ab}	18.09±6.28^{ab}	19.74±3.74^{a}	18.92±6.08^{a}
ค่าความเหนียว(Gumminess, N)	11.79±3.54^{c}	15.08±3.79^{bc}	16.74±5.22^{ab}	17.29±7.23^{ab}	18.85±10.33^{ab}	19.54±8.38^{a}	19.66±5.85^{a}	18.63±4.91^{ab}
ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness, ratio)	0.74±0.07^{b}	0.77±0.02^{a}	0.72±0.02^{b}	0.74±0.04^{b}	0.73±0.03^{b}	0.77±0.03^{a}	0.73±0.03^{b}	0.74±0.03^{b}
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	0.77±0.04^{d}	0.83±0.05^{bc}	0.82±0.04^{c}	0.86±0.04^{a}	0.82±0.04^{bc}	0.85±0.04^{ab}	0.82±0.03^{bc}	0.82±0.03^{c}
การออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	2.43±0.01^{e}	2.70±0.22^{d}	3.00±0.11^{c}	3.22±0.09^{bc}	3.25±0.07^{bc}	3.44±0.28^{ab}	3.41±0.19^{ab}	3.60±0.15^{a}
ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (μmol tyrosine/g)	2.09±0.05	2.26±0.14	2.33±0.64	2.46±0.44	2.43±0.82	2.50±0.15	2.49±1.15	3.02±0.80

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[i] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$



ภาพที่ 4.4 ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสก่อนและหลังการย่าง; - ไม่มีภาพ เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

ต่อค่าสีเหลือง ยกเว้นค่าสีเหลืองระหว่างการเก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากการรวมตัวของเมทไมโอโกลบินเกิดการเสียสภาพระหว่างการให้ความร้อนก่อนการเก็บรักษาและเมื่อทำการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิต่ำค่าสีเหลืองจะคงตัวอยู่ตลอดการเก็บรักษา (Ayub and Ahmad. 2019) และค่าความสดใสของสีจากตัวอย่างครั้งนี้พบว่าการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าความสดใสของสีจะสอดคล้องกับค่าสีแดงและค่าสีเหลือง กล่าวคือเมื่อค่าสีแดงและค่าสีเหลือง เพิ่มขึ้นค่าความสดใสของสีจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นความสดใสของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มมากขึ้น ซึ่งค่าความสดใสของสีหรือความเข้มของสีเนื้อจะเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของการเสียสภาพของเมทไมโอโกลบิน (del Pulgar *et al.* 2012) ส่วนค่าองศาของสีในตัวอย่างครั้งนี้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอยู่ในโทนสีส้มแดงถึงสีเหลืองนอกจากนี้ Lee and Yoon (2001) รายงานว่าค่าองศาของสีที่สูงขึ้นบ่งบอกถึงการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อสัตว์เนื่องจากจากปฏิกิริยารีดักชันภายในกล้ามเนื้อ

การวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างครั้งนี้เมื่อผ่านความร้อนด้วยการย่าง (ภาพที่ 4.3-4.5) พบว่าค่าความสว่างและค่าสีเหลืองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.13-4.14) ยกเว้นค่าความสว่างระหว่างการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.12) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Tangwatcharin *et al.* (2019) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงด้วยวิธีการซูวีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นวลา 47 นาที หลังการย่างมีค่าความสว่างของลดลงซึ่งมีความ

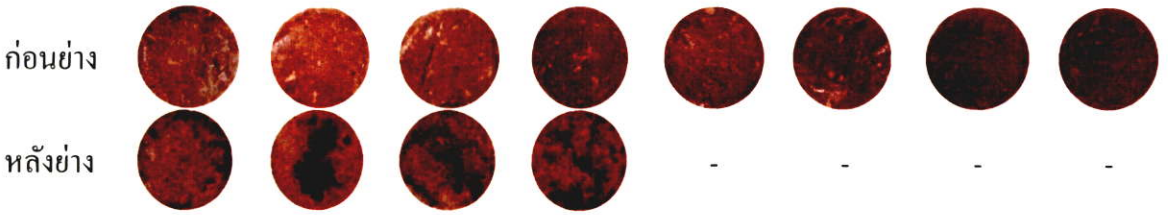
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 66 ชั่วโมง

พารามิเตอร์	อายุการเก็บรักษา (ชั่วโมง)							
	0	12	24	36	48	54	60	66
การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (Purge loss, %)	4.57±1.27[§, ĺ]	5.59±2.58	5.23±0.71	3.78±0.77	3.70±0.62	4.53±1.60	5.47±1.32	3.33±0.69
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.18±0.05[a]	6.02±0.09[b]	6.07±0.06[ab]	6.03±0.17[ab]	6.08±0.10[ab]	5.97±0.11[b]	5.93±0.07[b]	5.95±0.21[b]
ค่าความสว่าง (Lightness)	39.18±2.54[bcd]	41.87±1.72[abc]	42.75±2.16[ab]	36.86±3.42[d]	41.39±1.98[abc]	38.21±2.34[cd]	43.09±4.37[a]	43.36±4.83[a]
ค่าสีแดง (Redness)	9.19±0.80[cd]	10.43±1.76[c]	8.58±1.38[d]	10.89±1.53[bc]	12.25±1.24[ab]	8.34±1.18[d]	9.99±0.97[cd]	13.36±2.43[a]
ค่าสีเหลือง (Yellowness)	11.82±0.66[abc]	12.78±1.12[ab]	12.20±0.57[abc]	10.08±1.34[c]	10.56±1.61[bc]	10.56±4.35[bc]	11.71±0.54[abc]	13.36±1.63[A,a]
ค่าความสดใส (Chroma)	15.01±0.34[bc]	16.54±1.76[b]	14.97±0.60[bc]	14.86±1.83[bc]	16.23±1.42[b]	13.59±4.01[c]	15.41±0.71[bc]	18.93±2.66[a]
ค่าองศาของสี (Hue angle)	52.13±3.72[a]	51.02±4.04[ab]	55.01±5.23[a]	42.83±3.44[c]	40.62±5.20[c]	49.52±9.13[ab]	49.58±3.23[ab]	45.20±3.79[bc]
ลักษณะเนื้อสัมผัส								
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	16.31±5.72[b]	25.37±8.76[a]	24.95±10.10[a]	21.39±8.26[a]	21.15±6.44[a]	22.14±5.78[a]	21.50±4.81[a]	22.53±9.70[a]
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N)	10.10±4.47[c]	16.10±3.58[b]	18.98±4.48[a]	15.82±4.63[b]	16.99±3.53[ab]	16.59±2.81[ab]	16.68±2.74[ab]	18.37±5.46[ab]
ค่าความเหนียว(Gumminess, N)	11.79±3.54[b]	17.88±5.46[a]	18.44±6.51[a]	16.21±6.46[a]	15.68±4.98[a]	16.21±4.06[a]	16.26±3.67[a]	17.59±8.33[a]
ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness, ratio)	0.74±0.07[bc]	0.71±0.04[c]	0.75±0.04A[ab]	0.75±0.03[ab]	0.74±0.02[bc]	0.73±0.03[bc]	0.75±0.01[ab]	0.77±0.03[a]
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	0.77±0.04[c]	0.81±0.04[b]	0.86±0.03[a]	0.82±0.07[b]	0.83±0.04[b]	0.81±0.05[b]	0.84±0.04[ab]	0.83±0.05[ab]
การออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	2.43±0.01[c]	2.62±0.32[bc]	2.76±0.17[ab]	2.81±0.20[ab]	2.81±0.05[ab]	2.83±0.02[ab]	2.92±0.08[a]	2.93±0.07[a]
ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (µmol tyrosine/g)	2.09±0.04[d]	2.30±0.27[c]	2.41±0.17[bc]	2.49±0.36[b]	2.54±0.15[bc]	2.62±0.38[ab]	2.68±0.27[ab]	2.93±0.64[a]

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[ĺ] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการย่าง; - ไม่มีภาพ เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

สัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ค่าสีแดงและค่าความสดใสของสีในตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นค่าสีแดงระหว่างการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ($P<0.05$) สอดคล้องการการทดลองของ Arias *et al.* (2009); Chung *et al.* (2015); Hwang *et al.* (2019); Paik *et al.* (2006) และ Ayub and Ahmad (2019) ที่รายงานว่าค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเกิดจากไนโตรฮีโมโครมเสียสภาพเมื่อได้รับความร้อนอีกครั้ง โดยเกิดการออกซิเดชันของสีซึ่งเมื่อนำผลิตภัณฑ์มาย่างจะทำให้ฮีมที่อยู่ภายในเมทไมโอโกลบิน สูญเสียออกซิเจนระหว่างการให้ความร้อนทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์กับกรดอะมิโน โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลและกลิ่นรสต่าง ๆ โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นระหว่างการย่าง (Ayub and Ahmad. 2019) อย่างไรก็ตามค่าความสดใสของสีมีความโดดเด่นหรือมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเมทไมโอโกลบินที่ค่ามากขึ้นและอัตราการเสียสภาพของเมทไมโอโกลบินที่ลดลง (del Pulgar *et al.* 2012) นอกจากนี้ค่าองศาของสีในตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 20 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นค่าองศาของสีระหว่างการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีแดงถึงส้ม (0-45) โดยค่าองศาของสีจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงในช่วงท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งค่าองศาของสีได้รับผลกระทบจากปริมาณการเสียสภาพของเมทไมโอโกลบิน (del Pulgar *et al.* 2012)

การศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของตัวอย่างครั้งนี้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแข็ง ค่าความยากในการเคี้ยว ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันและค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.12-4.14) ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา โดยก่อนการเก็บรักษาตัวอย่างได้รับความร้อนทำให้โปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโดยการจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 56 วัน

พารามิเตอร์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	0	14	21	28	35	42	49	56
การสูญเสียน้ำหลังการย่าง (Grilling loss, %)	8.43±0.69 [c,§, i]	9.73±0.21[bc]	10.92±1.70[ab]	11.55±1.69[ab]	10.24±1.24[b]	11.70±0.22[a]	-	-
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.26±0.06	6.16±0.13	6.10±0.13	6.04±0.20	5.86±0.35	5.83±0.28	-	-
ค่าความสว่าง (Lightness)	34.80±6.91	35.94±0.69	35.98±0.05	36.40±3.58	39.58±1.36	39.95±7.97	-	-
ค่าสีแดง (Redness)	10.72±2.33	13.48±3.14	14.37±0.31	12.79±0.88	13.83±2.58	15.84±3.35	-	-
ค่าสีเหลือง (Yellowness)	12.07±0.39	13.13±3.56	12.62±1.53	12.18±1.11	16.80±0.40	18.87±4.65	-	-
ค่าความสดใส (Chroma)	16.18±1.82	18.86±4.78	19.15±1.25	17.69±1.43	21.86±1.34	24.67±5.70	-	-
ค่าองศาของสี (Hue angle)	48.74±5.20	44.02±1.04	41.11±2.82	43.66±1.21	50.17±5.39	49.68±0.97	-	-
ลักษณะเนื้อสัมผัส								
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	21.82±1.80	20.72±4.26	23.75±2.32	27.65±0.23	30.73±2.83	31.68±1.89	-	-
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N)	19.22±9.46	19.43±5.33	25.82±0.46	26.38±0.37	35.18±4.41	31.40±4.38	-	-
ค่าความเหนียว(Gumminess, N)	15.86±0.23	16.10±3.73	18.60±0.98	21.01±1.35	24.05±3.94	23.64±2.97	-	-
ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness, ratio)	0.73±0.07	0.78±0.02	0.79±0.04	0.76±0.04	0.78±0.06	0.75±0.05	-	-
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	0.75±0.05	0.85±0.01	0.80±0.05	0.84±0.03	0.82±0.03	0.78±0.04	-	-
การออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	2.64±0.01	3.21±0.16	3.65±0.88	3.91±0.77	4.16±1.00	4.16±1.05	-	-
ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (μmol tyrosine/g)	2.68±0.01	2.52±0.16	2.63±0.06	2.66±0.33	2.07±0.38	2.29±0.04	-	-

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; - ไม่มีข้อมูล; เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

[i] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.16 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน

พารามิเตอร์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	0	3	5	7	8	9	10	11
การสูญเสียน้ำหลังการย่าง (Grilling loss, %)	8.50±0.67[c,§,ǂ]	10.87±0.15[a]	10.75±0.88[a]	10.39±0.94[b]	-	-	-	-
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.22±0.08	6.08±0.12	6.13±0.10	6.10±0.15	-	-	-	-
ค่าความสว่าง (Lightness)	30.41±0.91[c]	37.99±4.22[a]	33.13±2.92[bc]	35.61±3.57[ab]	-	-	-	-
ค่าสีแดง (Redness)	13.36±1.77	15.89±1.16	14.00±2.64	14.74±1.82	-	-	-	-
ค่าสีเหลือง (Yellowness)	13.84±1.82[ab]	15.73±1.10[a]	12.09±2.85[b]	14.54±1.77[a]	-	-	-	-
ค่าความสดใส (Chroma)	19.24±2.47	22.38±1.22	18.51±3.82	20.72±2.44	-	-	-	-
ค่าองศาของสี (Hue angle)	46.01±5.00[a]	44.71±7.85[a]	40.58±8.85[b]	44.61±1.87[a]	-	-	-	-
ลักษณะเนื้อสัมผัส								
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	20.56±5.00[b]	27.77±7.86[a]	25.81±8.85[a]	30.45±11.67[a]	-	-	-	-
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N)	11.38±2.95[c]	18.47±3.43[b]	18.46±4.19[b]	21.11±5.48[a]	-	-	-	-
ค่าความเหนียว(Gumminess, N)	15.19±4.10[b]	20.09±5.04[a]	19.79±6.55[a]	22.38±7.82[a]	-	-	-	-
ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness, ratio)	0.71±0.16[b]	0.73±0.03[ab]	0.77±0.02[a]	0.74±0.03[ab]	-	-	-	-
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	0.71±0.17[b]	0.83±0.05[a]	0.81±0.04[a]	0.83±0.05[a]	-	-	-	-
การออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	2.63±0.01[c]	2.90±0.18[b]	3.07±0.04[ab]	3.17±0.14[a]	-	-	-	-
ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (μmol tyrosine/g)	2.68±0.06	2.13±0.21	2.36±0.43	2.50±0.22	-	-	-	-

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; - ไม่มีข้อมูล; เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

[ǂ] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.17 คุณภาพเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงหลังการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 66ชั่วโมง

พารามิเตอร์	อายุการเก็บรักษา (ชั่วโมง)							
	0	12	24	36	48	54	60	66
การสูญเสียน้ำหลังการย่าง (Grilling loss, %)	8.50±0.67[c, s, i]	11.45±0.17[a]	9.25±0.18[b]	9.91±0.52[v]	-	-	-	-
การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.22±0.08[a]	6.05±0.14[b]	6.01±0.08[b]	6.02±0.08[b]	-	-	-	-
ค่าความสว่าง (Lightness)	30.41±0.91[b]	32.12±3.90[b]	32.36±3.35[b]	37.14±1.98[a]	-	-	-	-
ค่าสีแดง (Redness)	13.36±1.77[c]	16.81±2.56[ab]	18.38±3.31[a]	15.04±1.98[bc]	-	-	-	-
ค่าสีเหลือง (Yellowness)	13.84±1.82[b]	16.08±2.82[b]	19.62±4.56[a]	15.00±2.34[b]	-	-	-	-
ค่าความสดใส (Chroma)	19.24±2.47[b]	23.31±3.57[ab]	26.91±5.53[a]	21.27±2.76[b]	-	-	-	-
ค่าองศาของสี (Hue angle)	46.01±1.72	43.67±3.25	46.62±2.12	44.84±3.43	-	-	-	-
ลักษณะเนื้อสัมผัส								
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	20.56±5.00[b]	28.90±10.91[a]	26.05±8.38[ab]	22.68±8.54[b]	-	-	-	-
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, N)	11.38±2.95[b]	18.17±7.66[a]	18.49±4.65[a]	15.51±4.69[ab]	-	-	-	-
ค่าความเหนียว(Gumminess, N)	15.20±4.11[c]	20.17±7.34[a]	19.68±5.71[ab]	16.68±5.82[b]	-	-	-	-
ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness, ratio)	0.71±0.16	0.70±0.04	0.76±0.03	0.74±0.03	-	-	-	-
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	0.71±0.17[b]	0.77±0.06[a]	0.83±0.05[a]	0.81±0.08[a]	-	-	-	-
การออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	2.63±0.01[b]	2.82±0.12[ab]	2.89±0.07[a]	2.99±0.24[a]	-	-	-	-
ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (μmol tyrosine/g)	2.68±0.06	2.49±0.57	2.87±0.87	2.53±0.33	-	-	-	-

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; - ไม่มีข้อมูล; เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

[i] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวเป็นก้อน เป็นผลให้ตัวอย่างมีค่าความแข็งสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Belibağli and Ersan (2018) ที่รายงานว่าค่าความแข็งในผลิตภัณฑ์ตับแกะปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น นอกจากนี้หากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 60-75 องศาเซลเซียส ก่อนการเก็บรักษาจะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แข็งขึ้น โดยความร้อนที่อุณหภูมิดังกล่าวสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีนได้ แต่อาจจะมีเอนไซม์บางชนิดที่เหลือยังคงดำเนินต่อไปแม้จะเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะแช่เย็นและใกล้เคียงกับการทดลองของ Akoğlu *et al.* (2018) ที่รายงานว่าค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันลดลงเนื่องจากโปรตีนเสียสภาพจากสารเคมีและเอนไซม์ในเนื้อ

การวิเคราะห์ค่าความแข็ง ค่าความยากในการเคี้ยว ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง และค่าความยืดหยุ่นของตัวอย่างครั้งนี้เมื่อผ่านความร้อนด้วยการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.15-4.17) ยกเว้นค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันของตัวอย่างครั้งนี้เมื่อผ่านความร้อนด้วยการย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 20 องศาเซลเซียส มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การศึกษาค่าการออกซิเดชันของไขมันจากตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 10 และ 20 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.12-4.14) ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่มีค่าการออกซิเดชันของไขมัน ที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ Pérez-Andrés *et al.* (2020) รายงานว่าการเก็บรักษาเนื้อปลาแมคเคอเรลที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีค่าการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บบรักษาและสอดคล้องกับ Kim *et al.* (2019) ที่รายงานว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อโคปรุงสุกด้วยวิธีการซูวีมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีอายุการเก็บที่เพิ่มขึ้น และค่าการออกซิเดชันของไขมันภายในตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษาหลังการย่าง (ตารางที่ 4.15-4.17) พบว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันระหว่างการเก็บรักษาที่ 10 และ 20 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยกเว้นค่าการออกซิเดชันของไขมันระหว่างการเก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียส ($P>0.05$) ซึ่งโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์จะหืนขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดย Schormuller (1969) รายงานว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สูงสุดที่สามารถพบได้คือ 8.00 mg MDA/kg meat

การศึกษาค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 20 องศาเซลเซียส ของตัวอย่างครั้งนี้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.12 และ 4.14) ยกเว้นค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดระหว่างการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ของตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P<0.07$) สอดคล้องกับ Venugopal *et al.* (1983) รายงานว่าโปรติเอสจากจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียแกรมลบสามารถย่อยสลายแอคโตไมโอซินที่อุณหภูมิ 0-2 องศาเซลเซียสได้ มีผลทำให้ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในสารละลายกรดเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 56 วัน

พารามิเตอร์	อายุการเก็บรักษา (วัน)							
	0	14	21	28	35	42	49	56
ลักษณะปรากฏ (Appearance)	8.36±1.18[a§,i]	6.50±1.44[b]	6.43±1.27[b]	6.29±1.11[b]	6.14±1.77[b]	-	-	-
สีของชิ้นเนื้อ (Color)	8.50±1.12[a]	6.14±1.67[b]	6.07±1.36[b]	6.00±2.08[b]	5.86±2.41[b]	-	-	-
กลิ่นไม่พึงประสงค์ (Off-odor)	7.79±1.15[a]	6.14±1.86[b]	5.57±1.62[c]	5.29±2.43[c]	5.14±2.34[c]	-	-	-
ความชอบโดยรวม (Overall acceptability)	8.07±1.02[a]	6.57±1.62[b]	5.43±1.27[c]	5.36±2.01[c]	5.29±1.89[c]	-	-	-

§ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; - ไม่มีข้อมูล; เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

i ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* ผู้บริโภคปฏิเสธเมื่อค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 5.00

ตารางที่ 4.19 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน

พารามิเตอร์	อายุการเก็บรักษา (วัน)							
	0	3	5	7	8	9	10	11
ลักษณะปรากฏ (Appearance)	8.36±1.11[a§,i]	6.50±1.50[b]	6.43±1.40[b]	6.29±1.38[b]	-	-	-	-
สีของชิ้นเนื้อ (Color)	8.36±1.11[a]	6.43±1.51[b]	6.29±1.49[b]	6.14±1.34[b]	-	-	-	-
กลิ่นไม่พึงประสงค์ (Off-odor)	8.36±1.11[a]	6.57±1.81[b]	5.29±1.38[c]	5.09±1.11[c]	-	-	-	-
ความชอบโดยรวม (Overall acceptability)	8.36±0.94[a]	6.86±1.67[b]	5.43±1.09[c]	5.07±1.01[c]	-	-	-	-

§ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; - ไม่มีข้อมูล; เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

i ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* ผู้บริโภคปฏิเสธเมื่อค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 5.00

ตารางที่ 4.20 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 66 ชั่วโมง

พารามิเตอร์	อายุการเก็บรักษา (ชั่วโมง)							
	0	12	24	36	48	54	60	66
ลักษณะปรากฏ (Appearance)	8.21±0.91[a,§,1]	6.64±1.60[b]	6.36±1.43[b]	-	-	-	-	-
สีของชิ้นเนื้อ (Color)	8.07±1.17[a]	6.07±1.74[b]	6.00±1.73[b]	-	-	-	-	-
กลิ่นไม่พึงประสงค์ (Off-odor)	7.93±1.48[a]	6.00±0.81[b]	5.51±1.63[c]	-	-	-	-	-
ความชอบโดยรวม (Overall acceptability)	7.79±1.82[a]	6.00±0.82[b]	5.93±0.73[c]	-	-	-	-	-

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ไม่มีข้อมูล; เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

[1] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* ผู้บริโภคปฏิเสธเมื่อค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 5.00

อย่างไรก็ตาม Masniyom *et al.* (2004) รายงานว่าพบการสลายโปรตีนที่เกิดจากโปรตีนภายนอกและจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น นอกจากนี้การแช่เย็นยังมีผลต่อกระบวนการไฮโดรไลซิสของโปรตีน แสดงให้เห็นว่าโปรตีนจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของโปรตีนกล้ามเนื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดของตัวอย่างหลังการให้ความร้อนด้วยการย่าง โดยอาศัยเกณฑ์ความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์เป็นตัวบ่งชี้ พบว่าค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) (ตารางที่ 4.15-4.17) ซึ่งปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดที่วิเคราะห์เกิดจากเอนไซม์ที่เหลือจากการยับยั้งด้วยความร้อนทำหน้าที่ในการย่อยสลายพันธะของสายโปรตีน รวมถึงการย่อยสลายโปรตีนของเนื้อสัตว์ยังเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่พบในเนื้อสัตว์อีกด้วย (พิทยา ใจคำและคณะ. 2560)

4.2.2.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อตัวอย่างครั้งนี้หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 11 วัน และ 66 ชั่วโมง ตามลำดับ ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นไม่พึงประสงค์ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 4.18-4.20) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าก่อนการทดสอบทางประสาทสัมผัสจำเป็นต้องมีการประเมินทางด้านจุลินทรีย์ เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยต่อผู้บริโภค พบว่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสตลอดอายุการเก็บรักษาทั้ง 3 อุณหภูมิ ผู้บริโภคไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างด้านลักษณะปรากฏและสี และความชอบโดยรวมแต่ละช่วงเวลาของการเก็บรักษาได้ เนื่องจากลักษณะดังกล่าวมีความใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 4.3-4.5) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาคุณภาพสี กล่าวคือเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นค่าความสดใสและค่าองศาของสีจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น ซึ่งสีของตัวอย่างเป็นโทนส้มแดง

ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมต่อตัวอย่างลดลงเรื่อย ๆ เมื่อตัวอย่างมีอายุการเก็บรักษามากขึ้น และผู้บริโภคเริ่มปฏิเสธลักษณะด้านต่าง ๆ เมื่อคะแนนต่ำกว่า 5.00 คะแนนต่อตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษา เมื่อตัวอย่างมีอายุการเก็บมากกว่า 35 7 วัน และ 24 ชั่วโมง ซึ่งลักษณะด้านกลิ่นไม่พึงประสงค์แสดงออกชัดเจนที่สุด อาจเป็นกลิ่นจากการออกซิเดชันของไขมันและกลิ่นเน่าเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์ ซึ่งการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นไม่พึงประสงค์สอดคล้องกับการทดลองของ Szwejda-Grzybowska *et al.* (2019) ที่รายงานว่ากลิ่นไม่พึงประสงค์สามารถอธิบายว่าผลิตภัณฑ์เกิดการเน่าเสียภายใต้การให้ความร้อนด้วยการต้มโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด ทำให้เกิดกลิ่นเปรี้ยวและกลิ่นไม่พึงประสงค์ชัดเจนที่สุด ซึ่งสอดคล้องการกับศึกษาด้านจุลินทรีย์ที่พบว่าจุลินทรีย์มีการเจริญรวดเร็วที่สุด เป็นผลให้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

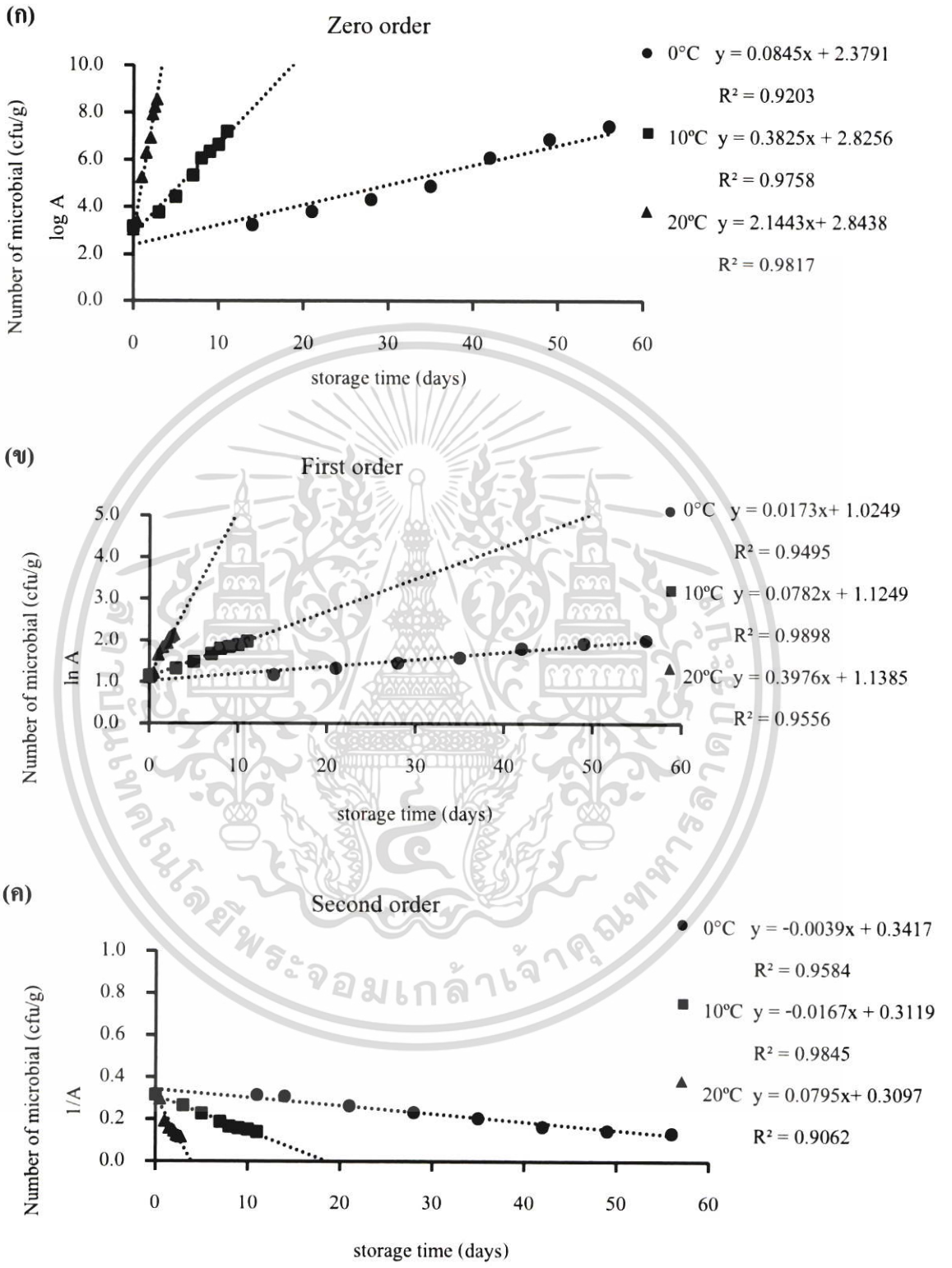
4.2.2 การทำนายอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง

จากผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงทางด้านจุลินทรีย์ เคมี กายภาพ เนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 56 11 วัน และ 66 ชั่วโมง เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาตามวิธีการของ Piedrahita *et al.* (2015) และ Phimolsiripol and Suppakul (2016) โดยประยุกต์ใช้สมการจลนพลศาสตร์ (Kinetic model) ในการจัดอันดับปฏิกิริยาเพื่อกำหนดดัชนีบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าคุณภาพจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteria, Anerobic mesophilic bacteria และ Aerobic psychrophilic bacteria ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส จัดได้ว่าเป็นปฏิกิริยาลำดับหนึ่ง ทั้งนี้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลินทรีย์กับระยะเวลาการเก็บรักษา มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยมีค่า R^2 ของการสร้างสมการเส้นตรงเท่ากับ 0.9626 0.9767 และ 0.9812 ส่วนจุลินทรีย์ Anerobic psychrophilic bacteria และ Lactic acid bacteria จัดได้ว่าเป็นปฏิกิริยาลำดับศูนย์ มีค่า R^2 ของการสร้างสมการเส้นตรง เท่ากับ 0.9878 และ 0.9517 ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาคงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพแบบเส้นตรง (ภาพที่ 4.6-4.10) (Sewald and DeVries. 2017) โดยค่า R^2 สูงจะแสดงถึงการพึ่งพากันระหว่างอุณหภูมิกับจำนวนจุลินทรีย์ ซึ่งแสดงออกมาให้เห็นจากสมการจลนพลศาสตร์ สำหรับผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อระยะเวลาและอัตราการเจริญเติบโตที่เฉพาะเจาะจงกับค่าพลังงานกระตุ้นที่สูงขึ้น บ่งชี้ว่าการเจริญของจำนวนจุลินทรีย์ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Limbo *et al.* 2010)

ค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาสามารถคำนวณได้โดยการประยุกต์ใช้สมการอาร์เรเนียส (Arrhenius equation) ซึ่งรูปแบบของแบบจำลองสามารถอธิบายว่าเป็นสมการเส้นตรงอาร์เรเนียส (Linear-Arrhenius) โดยอาศัยค่าความชัน (slope) ของความสัมพันธ์คือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาหรือ rate constant (k) ของปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ปฏิกิริยาลำดับศูนย์และหนึ่งมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ln *k* และ 1/T ในหน่วยเคลวิน (ภาพที่ 4.11) เนื่องจากนี้ในทางสถิติพล็อตของ ln *k* ต่อ 1/T ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้ง 5 มีลักษณะเป็นสมการเส้นตรง (Davey. 1993)

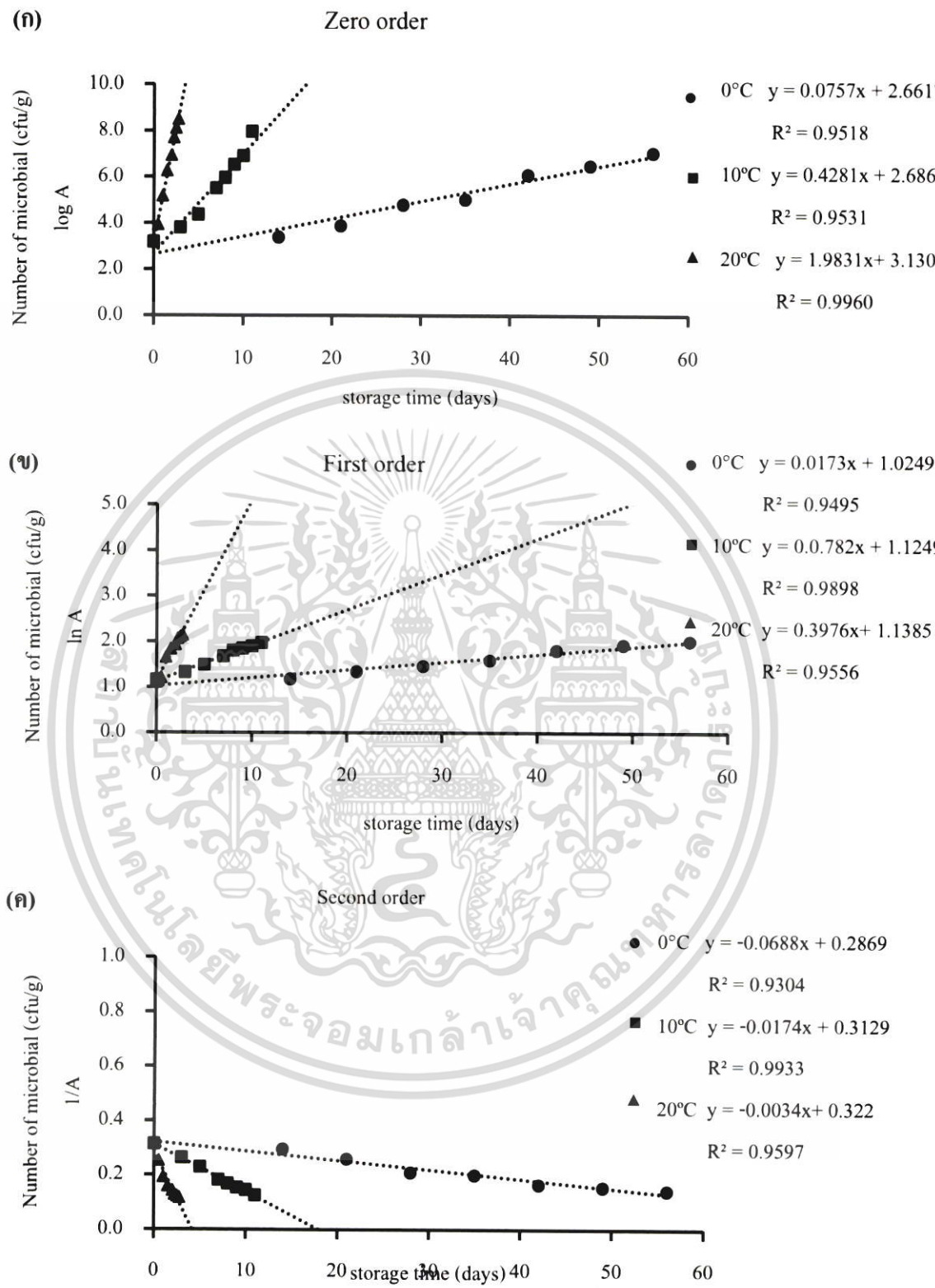
จากการทดลองพบว่าค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteria, Anerobic mesophilic bacteria และ Aerobic psychrophilic bacteria เท่ากับ 0.9982 0.9996 และ 0.9987 ส่วนจุลินทรีย์ Anaerobic psychrophilic bacteria และ Lactic acid bacteria มีค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 1.000 และ 0.9950 โดยแบบจำลองของ Davey (1993) ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (อุณหภูมิ) เป็นปัจจัยอิสระในกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนั้นสมการเส้นตรงอาร์เรเนียสที่นำเสนอในครั้งนี้จึงเป็นวิธีที่มีประโยชน์ในการทำนายอายุการเก็บรักษาสอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



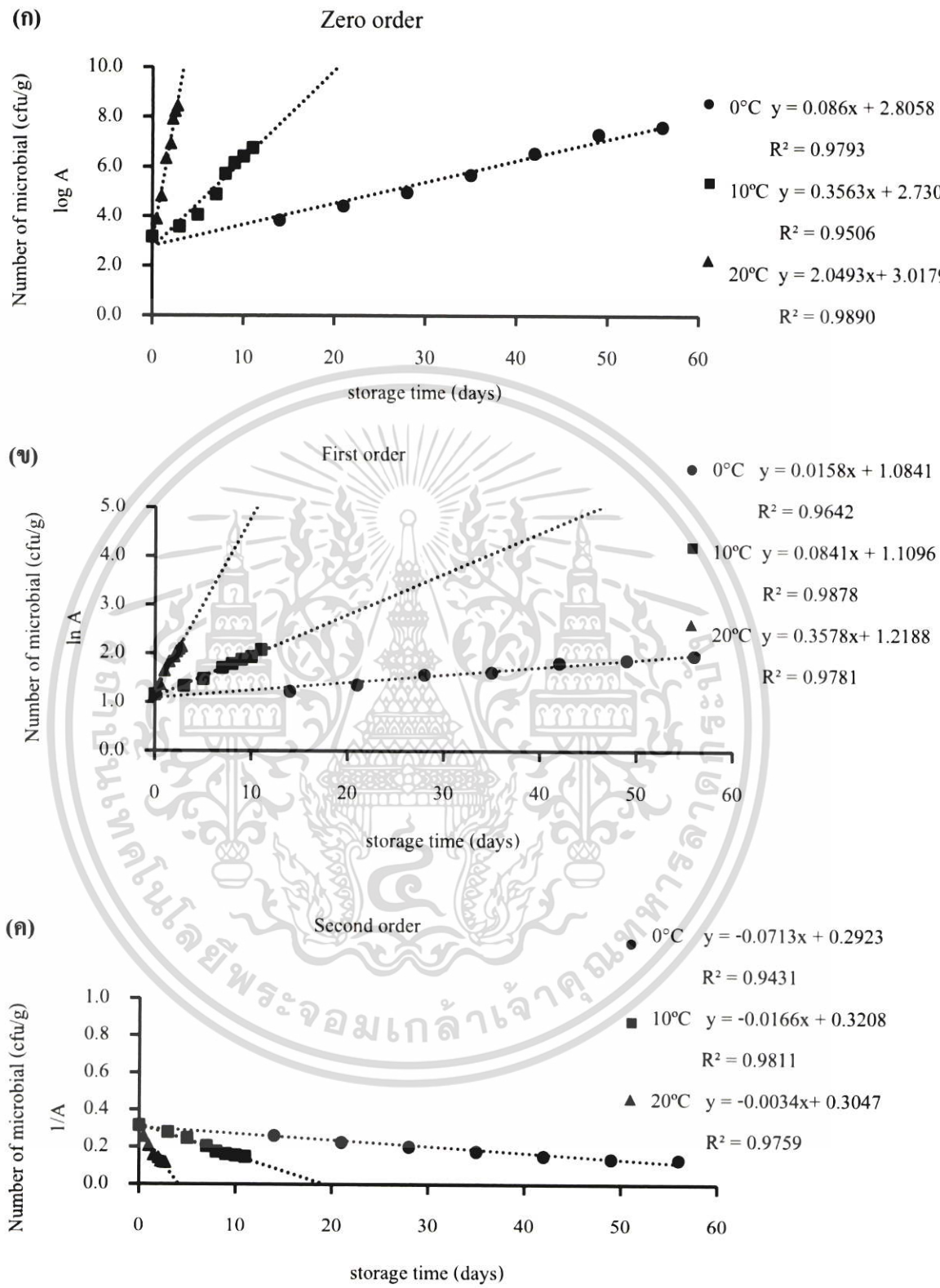
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteria และเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) และอันดับสอง (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



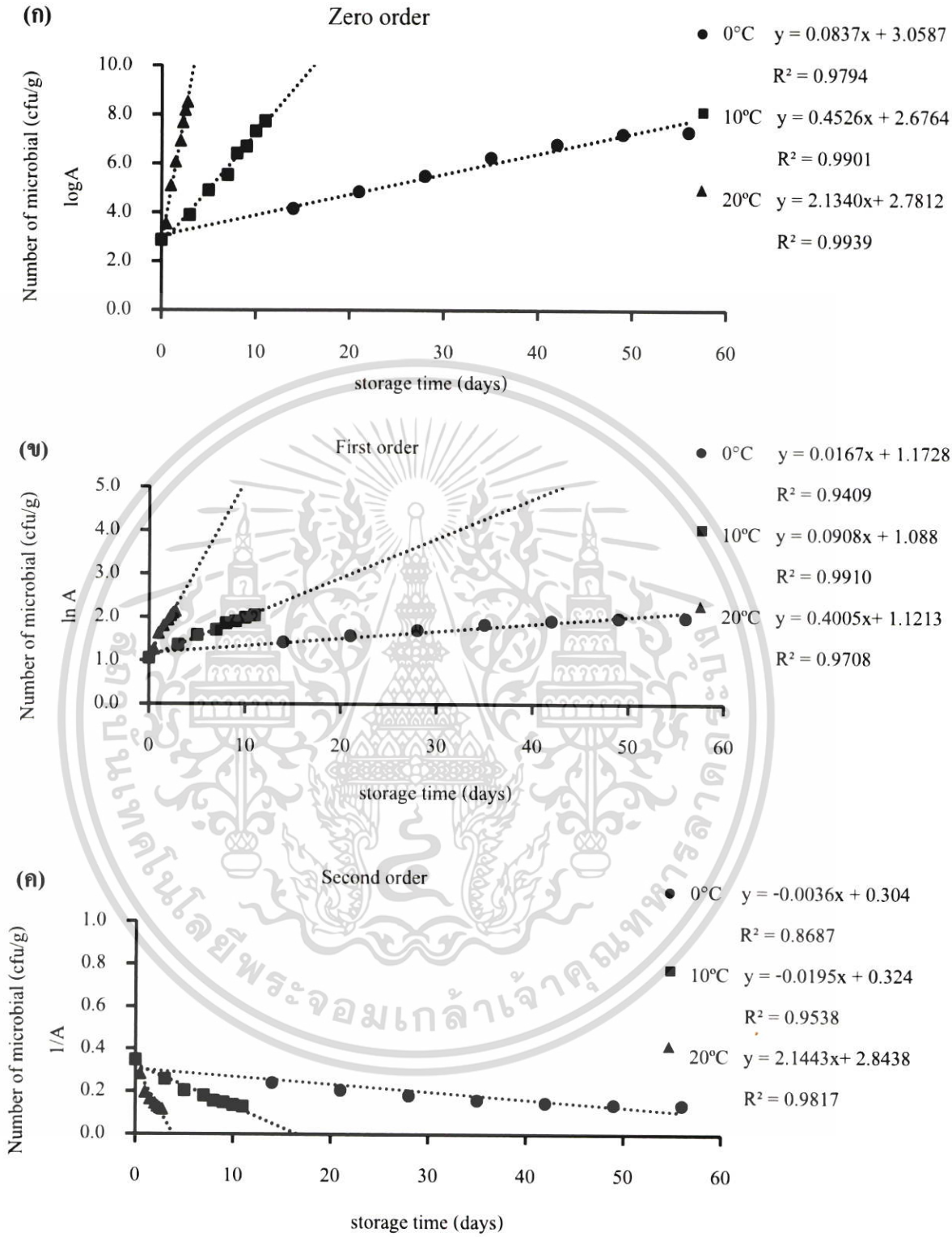
ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง จุลินทรีย์ Anaerobic mesophilic bacteria และเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) และอันดับสอง (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



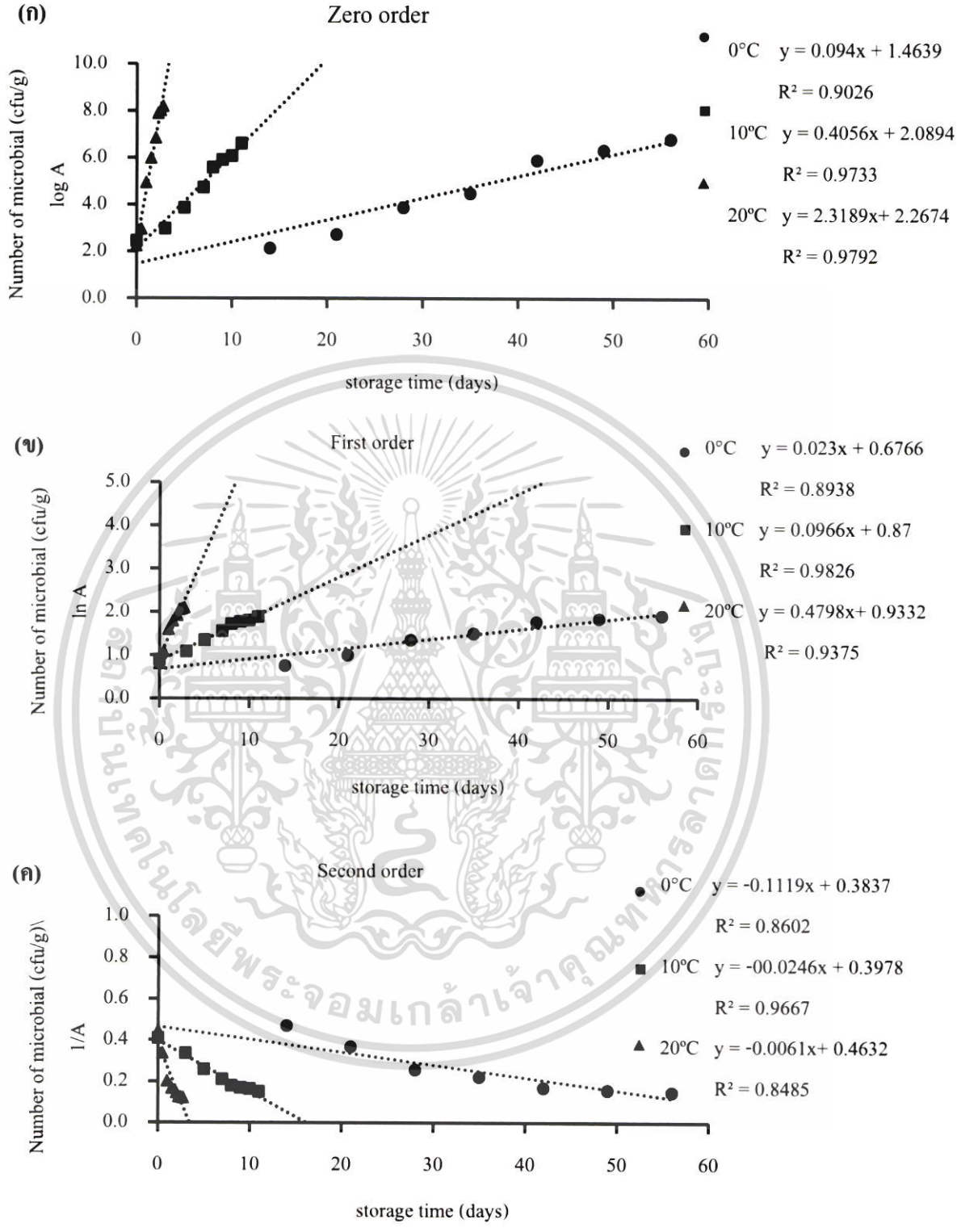
ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง จุลินทรีย์ Aerobic psychrophilic bacteria และเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) และอันดับสอง (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



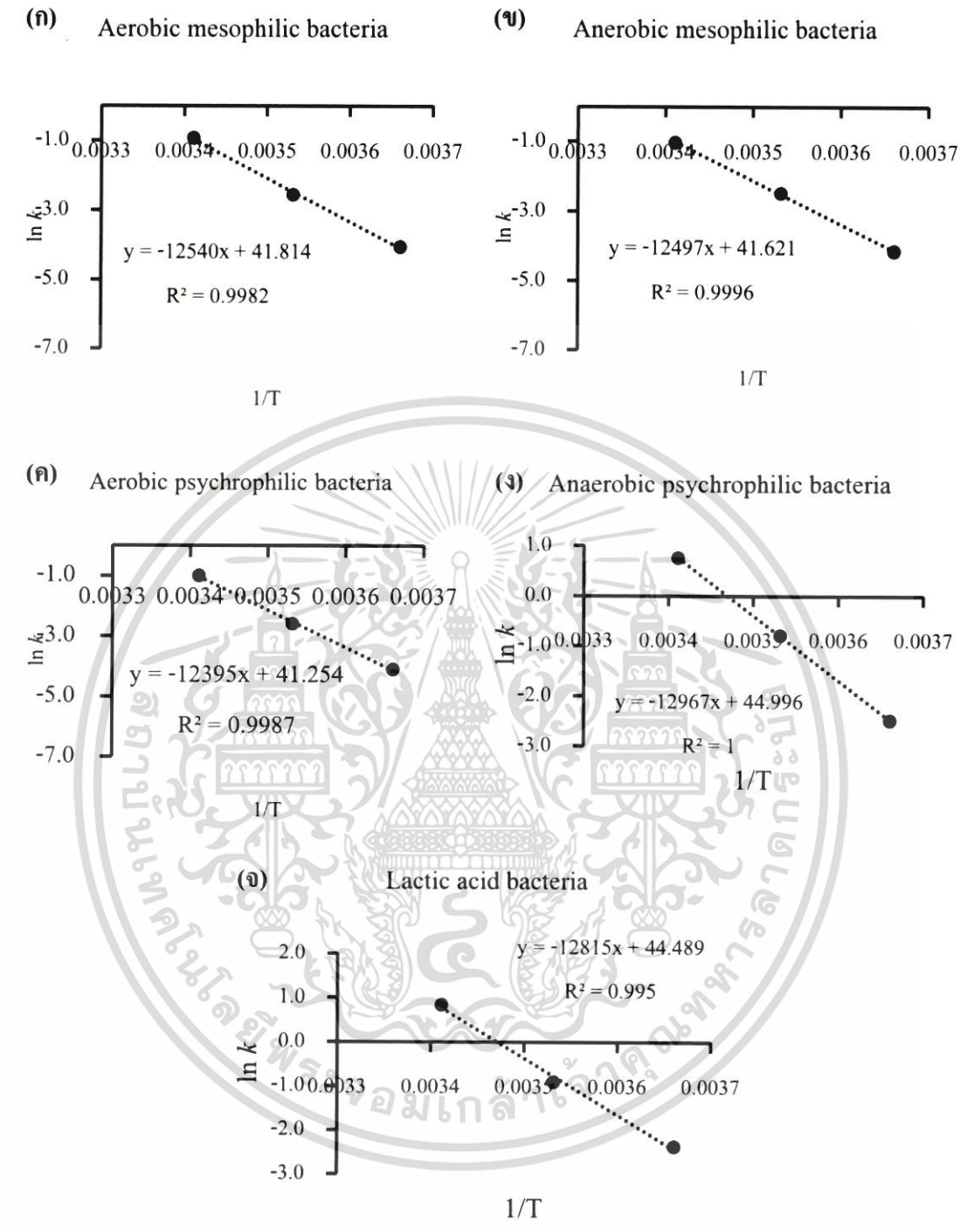
ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง จุลินทรีย์ Anaerobic psychrophilic bacteria และเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) และอันดับสอง (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง จุลินทรีย์ Lactic acid bacteria และเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) และอันดับสอง (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง ln k และ1/T ของจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteria (ก), Anaerobic mesophilic bacteria (ข), Aerobic psychrophilic bacteria (ค) Anaerobic psychrophilic bacteria (ง) และ Lactic acid bacteria (จ) ในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมรูปที่อุณหภูมิ 0, 10, 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น ในสภาวะเร่ง 0, 10 และ 20 องศาเซลเซียส

Quality indicator	temperature	Arrhenius equation	R^2	ln K	K	Dynamic model	Shelf life		
							Initial value (C_0)	Ending value (C_t)	Shelf life (Day)
Aerobic mesophilic bacteria	0			-4.0948	0.0166		3.16	5.70	35.32
	10	ln k = -12540(1/T)+41.81	0.9982	-2.4734	0.0843	$\ln(C_t-C_0)=Kt$	3.04	5.70	7.48
	20			-0.9627	0.3818		3.17	5.70	1.54
Anaerobic mesophilic	0			-4.1304	0.0161		3.18	5.70	36.20
bacteria	10	ln k =-12497(1/T)+41.62	0.9996	-2.5146	0.0809	$\ln(C_t-C_0)=Kt$	2.64	5.70	9.51
	20			-1.0090	0.3646		3.17	5.70	1.61
Aerobic psychrophilic	0			-4.1240	0.0161		3.17	5.70	36.26
bacteria	10	ln k =-12395(1/T)+41.25	0.9987	-2.5213	0.0803	$\ln(C_t-C_0)=Kt$	3.17	5.70	7.30
	20			-1.0281	0.3577		3.19	5.70	1.62
Anaerobic psychrophilic	0			-2.4760	0.0841		2.87	5.70	33.60
bacteria	10	ln k = -12967(1/T)+45.00	1.0000	-0.7995	0.4495	$C_t-C_0=Kt$	2.87	5.70	6.28
	20			0.76267	2.1440		2.88	5.70	1.32
Lactic acid bacteria	0			-2.4266	0.0883		2.44	5.70	36.85
	10	ln k = -12815(1/T)+44.49	0.9950	-0.7697	0.4631	$C_t-C_0=Kt$	2.24	5.70	7.46
	20			0.7741	2.1688		2.45	5.70	1.50

สอดคล้องกับการทดลองของ Limbo *et al.* (2010) ในขั้นตอนการหาอัตราปฏิกิริยาพบว่าจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหารมีความไวของต่ออุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลกระทบจากอุณหภูมิต่อระยะเวลาของจุลินทรีย์ถูกประเมินโดยใช้สมการอาร์เรเนียส

จากการทดลองทำให้สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงโดยการกำหนดค่า C_0 และ C_t ซึ่งเป็นจำนวนจุลินทรีย์ ณ จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการทดลอง (Piedrahita *et al.* 2015) โดยพิจารณาจำนวนจุลินทรีย์ ณ จุดสิ้นสุดการทดลองตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข (2562) เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (2560) ที่ระบุว่าผลิตภัณฑ์ปรุงสุกแล้วแช่เย็นแช่แข็งและต้องอุ่นก่อนบริโภคมีจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ควรเกิน 5.70 log cfu/g และผลการทดลองอัตราการเกิดปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ (ภาพที่ 4.11) แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์กลุ่ม Anaerobic psychrophilic bacteria มีความน่าเชื่อสูงที่สุด (1.000) ตัดสินจากค่า R^2 ที่สูง ซึ่งแสดงถึงการพึ่งพากันระหว่างค่า ln k กับเวลา 1/T ด้วยสมการเส้นตรงอาร์เรเนียส โดยมีสมการการทำนายคือ ln k = -12967(1/T)+45.00 (ตารางที่ 4.21) และจากการทำนายทำให้ทราบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส เท่ากับ 33.60 6.28 และ 1.32 วัน จากการประยุกต์ใช้สมการจลนพลศาสตร์ร่วมกับสมการอาร์เรเนียสเพื่อระบุหรือกำหนดเวลาในการเก็บรักษามีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ตัวอย่างมีการเน่าเสียที่เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและมีผลทำให้อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงสั้นลง (Corradini and Peleg. 2007; Limbo *et al.* 2010; Sewald and DeVries. 2017) ใกล้เคียงกับงานวิจัยครั้งนี้ดังได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นว่าผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 35 และ 7 วัน และ 24 ชั่วโมง โดยมีคุณภาพจุลินทรีย์เป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข (2562) ซึ่งมีข้อกำหนดให้ตรวจสอบจุลินทรีย์ที่บ่งชี้การเน่าเสีย แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ปรุงสุกและแช่เย็นแช่เยือกแข็ง จุลินทรีย์กลุ่ม Anaerobic psychrophilic bacteria มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงเกิดการเน่าเสีย เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำและไม่ใช้อากาศในการเจริญ และจากการทำนายอายุการเก็บรักษายังพบว่าสมการเส้นตรงอาร์เรเนียสของจุลินทรีย์กลุ่ม Anaerobic psychrophilic bacteria มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ดังนั้นผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงควรมีอายุการเก็บรักษา 33.60 และ 6.28 และ 1.32 วัน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 คุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง

การศึกษาคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 49 วัน พบว่าจุลินทรีย์ในกลุ่ม Aerobic mesophilic bacteria, Aerobic psychrophilic bacteria, Anaerobic mesophilic bacteria, Anaerobic psychrophilic bacteria และแบคทีเรียแลคติกเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา โดยในวันที่ 28 ของการเก็บรักษามีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่า 5.70 log cfu/g และคุณภาพทางเคมี-กายภาพเปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษา โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาและหลังการย่างเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีค่าความสว่างลดลง และค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และเกิดการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น รวมทั้งค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมลดลง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาที่ 28 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ระหว่างการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุ 28 วัน

การศึกษาคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 วัน พบว่าจุลินทรีย์ในกลุ่ม Aerobic mesophilic bacteria, Aerobic psychrophilic bacteria, Anaerobic mesophilic bacteria, Anaerobic psychrophilic bacteria และแบคทีเรียแลคติกลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา และคุณภาพทางเคมี-กายภาพเปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษา โดยค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการละลายและหลังการย่างเพิ่มขึ้น ความสว่างลดลง และค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และเกิดการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น รวมทั้งลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมลดลง อีกทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาที่ 240 วัน ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ระหว่างการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาอย่างน้อย 240 วัน ทั้งนี้ตลอดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบแช่เย็นแช่เยือกแข็งตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *B. thermosphacta, C. perfringens*, *B. cereus*, *Listeria* spp., *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. และ *S. aureus* และตรวจพบปริมาณ *E. coli* น้อยกว่า 3.00 MPN/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 การทำนายอายุผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่ง

การศึกษาคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียสพบว่าจุลินทรีย์ในกลุ่ม Aerobic mesophilic bacteria, Aerobic psychrophilic bacteria, Anaerobic mesophilic bacteria, Anaerobic psychrophilic bacteria และแบคทีเรียแลคติกเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *B. thermosphacta, C. perfringens*, *B. cereus*, *Listeria* spp., *L. monocytogenes*, *S. aureus* และ *Salmonella* spp. นอกจากนี้ตรวจพบ *E. coli* น้อยกว่า 3.00 MPN/g ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยในวันที่ 35 7 วัน และ 24 ชั่วโมง ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่า 5.70 log cfu/g สำหรับคุณภาพทางเคมี-กายภาพระหว่างการเก็บรักษาพบว่าค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาและหลังการย่างเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ส่วนค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการออกซิเดชันของไขมันและลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น อีกทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสยังลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ทำการเก็บรักษา 35 และ 7 วัน และ 24 ชั่วโมง (0 10 และ 20 องศาเซลเซียส) ยังได้รับการยอมรับของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัส ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ระหว่างการแช่เย็นในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีอายุ 35 7 วัน และ 24 ชั่วโมง

การทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส โดยอาศัยค่า R^2 ของสมการจลนพลศาสตร์เพื่อจัดอันดับปฏิกิริยาพบว่าคุณภาพจุลินทรีย์ Aerobic mesophilic bacteria, Anerobic mesophilic bacteria และ Aerobic psychrophilic bacteria เป็นปฏิกิริยาลำดับหนึ่ง และจุลินทรีย์ Anerobic psychrophilic bacteria และ Lactic acid bacteria เป็นปฏิกิริยาลำดับศูนย์ และจากค่า R^2 ของสมการอาร์เรเนียสพบว่าจุลินทรีย์ Anaerobic psychrophilic bacteria มี R^2 สูงสุด โดยมีสมการการทำนายคือ $\ln k = -12967(1/T)+45.00$ ดังนั้นอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ควรมีค่าเท่ากับ 33.60 6.28 และ 1.32 วัน ตามลำดับ (0 10 และ 20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ)

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยครั้งนี้พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยเฉพาะทางด้านจุลินทรีย์ที่สามารถบ่งบอกว่าอุณหภูมิมีผลต่ออายุการเก็บรักษา โดยเฉพาะจุลินทรีย์ในกลุ่ม Anaerobic psychrophilic bacteria และ Lactic acid bacteria และเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง ทำให้เกิดแนวคิดเกี่ยวกับการนำสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Antimicrobial) มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงในด้านการยืดอายุการเก็บรักษา เช่น เครื่องเทศ (ออริกาโน อบเชย ไทม์) หรือน้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศ (ไทม์ ส้ม โรสแมร์รี่) สำหรับการศึกษาต่อไป

จากการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ประเภทปรุงสุก จำเป็นต้องแช่เย็นหรือแช่เยือกแข็ง มีการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่ม Anaerobic psychrophilic bacteria ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียภายในผลิตภัณฑ์ จึงควรมีการกำหนดให้มีการตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์เหล่านี้เพิ่มเติม เพื่อให้คงไว้ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการและอายุการเก็บรักษาที่เป็นจริงสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์. 2562. ข้อมูลพื้นฐานการปศุสัตว์ ประมวลสถิติปี 2562. สืบค้นจาก http://www.dld.go.th/ict/yearly/yearly50/stat50.html. 1 มีนาคม 2563.

คัชรินทร์ ศิริวงศ์. 2558. "เอกสารประกอบการสอนวิชาจลนพลศาสตร์เคมี". ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เฉลิมขวัญ สุขเนียม, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ และ เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์. 2552. ผลของพันธุ์และระบบการเลี้ยงแพะที่มีต่อลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 28: 424-433.

ชีพสุมน ชิตมณี. 2539. การผลิตไส้กรอกบดเนื้อแพะเสริมเนื้อโค โปรตีนถั่วเหลือง ไขมันหมูหรือเนยขาว และทัศนคติของผู้บริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ไชยวรรณ วัฒนจันทร์. 2552. บทสังเคราะห์เรื่องการเลี้ยงแพะของประเทศไทยและของภาคใต้ [แพะที่ไม่ใช่ (คน เลี้ยง) แพะรับบาป]. เอกสารนำเสนอในการประชุมสัมมนา เรื่อง "เชื่อมโยงงานวิจัยเพื่อรับใช้การพัฒนา จังหวัด : ความท้าทายที่สตูล". ณ โรงเรียนอนุบาลรุ่งทิพย์ อ.เมือง จ.สตูล. วันที่ 21 กรกฎาคม 2551.

ณัฐดนัย หาญการสุจริต. 2559. "เอกสารประกอบการสอนวิชาการบรรจุในอุตสาหกรรมอาหาร". ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ และวัสดุ, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริญญา เฉิดโฉม, กนกพร ภาคีฉาย, อุไรวรรณ อินทศร และ ปราโมทย์ เพชรศรี. แนวโน้มการบริโภคเนื้อแพะและแกะในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. 21: 201-222.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนปนนท์. 2555. การแช่เยือกแข็ง / Freezing. เอกสารออนไลน์ http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2989/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%8A%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8%A2%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B9%81%E0%B8%82%E0%B9%87%E0%B8%87-freezing

พิมพิดา โยธาสมุทร. 2552. บทวิเคราะห์: GCC ตลาดใหม่ที่น่าจับตามอง. สืบค้นจาก http://thainews.prd.go.th/view.php?m_newsid=255205120134&tb=N255205. 10 มีนาคม 2554.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รัดใจ ปคุณพูลสิน. 2557. การสกัดและใช้ประโยชน์พอลิแซ็กคาไรด์จากผลสำรองแห้งในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูขึ้นรูป วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งนภา พงศสวัสดิ์มานิต. 2560. การประเมินและการเพิ่มอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร (Food product shelf-life evaluation and extension). –กรุงเทพมหานคร : บริษัท โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์ จำกัด. p. 458.

วิไล รังสาดทอง. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพมหานคร : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, 2546.

ศูนย์บริการข้อมูลธุรกิจไทย-คูเวต. 2552. ไทยกับการเป็นครัวของโลกอาหรับในการส่งออกเนื้อแพะและแกะ. สืบค้นจาก http://thaibizkuwait.com/index.php?option=com_content&view=article &id= 413:thai-food&catid=123:2009-09-20-08-35-07&Itemid=595. 15 มกราคม 2554.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2562. **เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3**. ประเทศไทย. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช.6005-2549. เนื้อแพะ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์. 2558. จำนวนแพะรายจังหวัด. สืบค้นจาก http://certify.dld.go.th/certify/index.php/th/2016-05-10-08-28-46. 6 กรกฎาคม 2560.

สุจิตรา เลิศพฤกษ์. 2535. "เอกสารประกอบการบรรยาย วิชา ทอ 470 เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ" ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่.

อรพิน ชัยประสพ. 2548. การถนอมอาหาร Food preservation. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2548.

Acton, J. C. 1972. "The effect of meat particle size on extractable protein, cooking loss and binding strength in chicken loaves". **Journal of Food Science**. 37: 240-243.

Akoğlu, I. T., Bıyıklı, M., Akoğlu, A. and Kurhan, Ş. 2018. "Determination of the quality and shelf life of sous vide cooked turkey cutlet stored at 4 and 12ºC". **Brazilian Journal of Poultry Science**. 20 : 001-008.

Anderson, D. L., Gibbs, A. J. and Gibson, N. L. 1998. "Identi®cation and phylogeny of spore-cyst fungi (*Ascosphaera* spp.) using ribosomal DNA sequences". **Mycology Research.** 102 : 541-547.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AOAC. 2006. Official methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) international (18th ed.) Gaithersburg, MD: AOAC International.

Arias, E., Lpez-Buesa, P. and Oria, P. 2009. "Extension of fresh-cut "*Blanquilla*" pear (*Pyrus communis L.*) shelf-life by 1-MCP treatment after harvest". **Postharvest Biology Technology.** 54 : 53–58.

Ayubc, H and Ahmada, A. 2019. "Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat". **International Journal of Gastronomy and Food Science**. 17 : 100145.

Babji, Y., Murthy, T. R. K. and Anjaneyulu, A. S. R.2000. "Microbial and sensory quality changes in refrigerated minced goat meat stored under vacuum and in air". **Small Ruminant Research.** 36 : 75-84.

Baldwin, D. E. 2012. "Sous vide cooking: A review". **Internal Journal Gastro Food Science**. 1 : 15-30.

BAM (2017). Detection and enumeration of *Listeria monocytogenes*. Retrieved from https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071400.htm.

BAM. (2001a). Aerobic plate count. U.S. Food and drug administration. Retrieved from http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm.

BAM. (2001b). Staphylococcus aureus. U.S. Food and drug administration. Retrieved from https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071429.htm.

BAM. (2001c). Clostridium perfringens. U.S. Food and drug administration. Retrieved from https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bamclostridiumperfring ens .htm.

BAM. (2001d). Yeasts, Molds and Mycotoxins. U.S. Food and drug administration. Retrieved from https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/labo ratorymethods /ucm0714 29.htm.

BAM. (2002). *Escherichia coli*. U.S. Food and drug administration online. Retrieved from https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm0 64948.htm.

Belibağli, K. B. and Ersan, E. 2018. "Effects of storage on the quality of sous vide processed lamb liver". **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**. 22 : 1-11.

Benjakul, S., Seymour, T. A., Morrissey, M. T. and An, H. 1997. "Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage". **Journal Food Science**. 62 : 729-73.

Beserra, F. J., Madruga, M. S., Leite, A. M., Silva, E. M. and Maia, E. L. 2004. "Effect of age at slaughter on chemical composition of meat from *moxotó* goats and their crosses". **Small Ruminant Research**. 55 : 177-181.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bourne, M. C. 1978. "Texture profile analysis". **Food Technology**. 32 : 62-66.

Byrne, M. 1986. T8M dryer. Food Manuf. September. 67-69

Carlin, F., Guinebretiére, M. H., Choma, C., Pasqualini, R., Braconnier, A. and Nguyen-the, C. 2000. "Spore-forming bacteria in commercial cooked, pasteurized and chilled vegetable purees". **Food Microbiology**. 17 : 153-165.

Casey, N. H., and Van Niekerk, W. A. 1985. "Fatty acid composition of subcutaneous and kidney fat depots of Boer goats and the response to varying levels of maize meal". **South Africa Journal Animal Science.** 15 : 60-62.

Casey, N.H., 1982. "Carcass and growth characteristics of four south african sheep breed and the boer goat". D.Sc. (Agric) Thesis, University of Pretoria. pp. 27-92.

Casey, N.H., 1992. Goat meat in human nutrition. **In: Proceedings of the V International Conference on Goats**, March 1992, New Delhi.

Casey, N.H., Van Niekerk, W.A., Webb, E.C., 2003. "Goat meat. In: *Caballero, B., Trugo, L., Finglass, P.* (Eds.)", **Encyclopaedia of Food Sciences and Nutrition**. Academic Press, London, pp. 2937-2944.

Chung, H. S., Kim, H. S., Lee, Y. G. and Seong, J. H. 2015. "Effect of deastringency treatment of intact persimmon fruits on the quality of fresh-cut persimmons". **Food Chemistry.** 166 : 192-197 .

Cobos, A. and Diaz, O. 2007. "Sous-vide cooking of traditional meat products: effect on the microbiology of dry-cured pork foreleg". **Communicating Current Research and Educational Topics and Trends in Applied Microbiology**. 511-517.

Conte-Junior, C. A., Fernandez, M. and Mano, S. B. 2008. "Use of carbon dioxide to control the microbial spoilage of bullfrog (*Rana catesbeiana*) meat. In a. mendez-vilas (Ed.)". **Modern multidisciplinary applied microbiology**. 356–361.

Coombs, C. E. O., Holman, B. W. B., Friend, M. A. and Hopkins, D. L. 2017a. "Long-term rsd meat preservation using chilled and frozen storage combinations: A review". **Meat Science**. 125 : 84-94.

Coombs, C. E., Holman, B. W., Collins, D., Friend, M. A. and Hopkins, D. L. 2017b. "Effects of chilled-then-frozen storage (up to 52 weeks) on lamb M. *longissimus lumborum* quality and safety parameters". **Meat science**. 134 : 86-97.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coronado, S. A., Trout, G. R., Dunshea, F. R. and Shah, N. P. 2002. "Antioxidant effects of rosemary extract and whey powder on the oxidative stability of wiener sausages during 10 months frozen storage". **Meat Science**. 62 : 217-224.

Corradini, G. M. and Peleg, M. 2007. "Shelf-life estimation from accelerated storage data". **Trends in Food Science and Technology**. 18 : 37-47.

Cringoli, G., Veneziano, V., Rinaldi, L., Sauve, C., Rubino, R., Fedele, V. and Cabaret, J. 2007. "Resistance of trichostrongyles to benzimidazoles in italy: a first report in a goat farm with multiple and repeated introductions". **Parasitol Research**. 101 : 577-581.

Das, A. K., Anjaneyulu, A.S. R., Gadekar, Y. P. Singh, R. P. and Pragati, H. 2008. "Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nugget in frozen storage". **Meat Science**. 80 : 607-614.

Davey, K. R. 1993. "Linear-arrhenius model for bacteria growth and death and vitamin denaturations". **Journal of Industrial Microbiology**. 12 : 172-179.

del Pulgar, J. S., Gazquez, A. and Ruiz-Carrascal, J. 2012. "Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time" . **Meat Science**. 90 : 828-835.

Desai, B. K., Rao, S., Biradar, S. A., Prahlad, U., Shashikumar, M. and Santhosh, J. 2013. "Development of profitable integrated farming systems for small and marginal farmers of hyderabad karnataka region under irrigated condition". **International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology.** 6 : 617-622.

Devendra, C. 2010. "Concluding synthesis and the future forsustainable goat production". **Small Ruminant Research**. 89 : 125-130.

Díaz, P., Nieto, G., Garrido, M. D. and Bañón, S. 2008. "Microbial, physical–chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method". **Meat Science**. 80 : 287-292.

Dogruyol, H. and Mol, S. 2016. "Effect of irradiation on shelf life and microbial quality of cold-stored sous-vide mackerel fillets". **Journal of Food Processing and Preservation**. 1745-4549.

Dolea D, Rizo A, Fuentes A, Barat, J. M. and Fernández-Segovia, I. 2018. "Effect of thyme and oregano essential oils on the shelf life of salmon and seaweed burgers". **Food Science and Technology International**. 24 : 394-403.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y. and Chi, Y. 2009. "Effects of chitosancoating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage". **Food Chemistry**. 115 : 66-70.

Farouk, M. M and Swan, J. E. 1998. "Effect of muscle condition before freezing and simulated chemical changes during frozen storage on the ph and colour of beef". **Meat Science**. 50 : 245-256.

FDA (2011). **Fish and fishery products hazards and controls guidance**. Technical report (fourth ed.). U.S. Department of Health and Human Services.

Fernández, P. P., Sanz, P. D., Molina-García, A. D., Otero, L., Guignon, B. and Vaudagna, S. R. 2007. "Conventional freezing plus high pressure–low temperature treatment: Physical properties, microbial quality and storage stability of beef meat". **Meat Science.** 77 : 616-625.

Ferreira, V. C. S., Morcuende, D., Madruga, M. S., Hernández-López, S. H., Silva, F. A. P., Ventanas, S. and Estévez. M. 2016. "Effect of pre-cooking methods on the chemical and sensory deterioration of ready-to-eat chicken patties during chilled storage and microwave reheating". **Journal of Food Science Technology**. 53 : 2760-2769.

Francois, J. 2013. "Sous vide cooking a blog about cooking with low temperatures". Available from: http://www.sousvidecooking.org/

Gadekar, Y. P., Sharma, B. D., Shinde, A. K., Verma, A. K. and Mendiratta, S. K. 2014. "Effect of natural antioxidants on the quality of cured, restructured goat meat product during refrigerated storage (4 ± 1°C)". **Small Ruminant Research**. 119 : 72-80.

Gadekar, Y. P., Sharma, B.D., Shinde, A.K. and Mendiratta, S.K. 2015. "Restructured meat products - production, processing and marketing: a review". **The Indian Journal of Small Ruminants**. 21 : 1-12.

Gambaro, A., Garitta, L., Gime´nez, A., Varela, P., and Hough, G. 2004. "Sensory shelf-life estimation of ''alfajor'' by survival analysis". **Journal of Sensory Studies**. 19 : 500-509.

Garitta, L., Hough, G., and Sánchez, R. 2004. "Sensory shelf-life of dulce de leche". **Journal of Dairy Science**. 87 : 1601-1607.

Geileskey, A., King, R. D., Corte, D., Pinto, P. and Ledward, D. A. 1998. "The kinetics of cooked meat haemoprotein formation in meat and model systems". **Meat Science**. 48 : 189-199.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gómez, I., Ibañez, F. C. and Beriain, M. J. 2019. "Physicochemical and sensory properties of sous vide meat and meat analog products marinated and cooked at different temperature-time combinations". **International Journal of Food Properties**. 22 : 1693-1708.

Gribble, A., Mills, J. and Brightwell, G. 2014. "The spoilage characteristics of *Brochotrix thermosphacta* and two psychorotolerant Enterobacteriacae in vacuum packed lamb and the comparison between high and low pH cuts". **Meat Science**. 97 : 83-92.

Griffiht, W. M. 2005. Understanding pathogen behavior. CRC Press. Cambridge.

Gurikar, A. M., Lakshmanan, V., Gadekar, Y. P., Sharma, B. D. and Anjaneyulu, A. S. R. 2014. "Effect of meat chunk size, massaging time and cooking time on quality of restructured pork blocks". **Journal of Food Science and Technology**. 51 : 1363-1369.

Haan, N. D. 2001. "Of goats and groups: a study on social capital in development projects". **Agriculture and Human Values**. 18 : 71-84.

Haouet, M. N., Tommasino, M., Ferdinando, M. L. M., Bella, B. S. D., Framboas, M., Pelli, S. and Altissimi, M. S. 2018. "Experimental accelerated shelf life determination of a ready-to-eat processed food". **Italian Journal of Food Safety**. 7 : 6919.

Hobbs, G. 1991. "Fish: microbiological spoilage and safety". **Food Science Technology**. 5 : 166-173.

Holman, B. W. B., Coombs, C. E. O., Morris, S., Kerr, M. J. and Hopkins, D. L. 2017. "Effect of long term chilled (up to 5 weeks) then frozen (up to 12 months) storage at two different sub-zero holding temperatures on beef: 1. Meat quality and microbial loads". **Meat Science**. 133 : 133-142.

Hong, G. E., Kim, J. H., Ahh, S. J. and Lee, C. H. 2015. "Change in meat quality characteristics of the sous-vide cooked chicken breast during refrigerated storage". **Korean Journal Food Science.** 35 : 757-764.

Hough, G., Garitta, L., and Gómez, G. 2006. "Sensory shelf-life predictions by survival analysis accelerated storage models". **Food Quality and Preference**. 17 : 468-473.

Hough, G., Langohr, K., Gómez, G. and Curia, A. 2003. "Survival analysis applied to sensory shelf life of foods". **Journal of Food Science**. 68 : 359-362.

Hu, Y., Zhang, L. Wei, J. and Wei, Z. 2019. "Shelf-life prediction model of chitosan coated eggs at different storage temperatures". **Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food Technology**. 23 : 55-62.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Huang, P., Xu, B., Shao, X., Chen, C., Wu Wang, W. and Li, P. 2020. "Theoretical basis of nitrosomyoglobin formation in a dry sausage model by coagulase-negative staphylococci: Behavior and expression of nitric oxide synthase". **Meat Science**. 161 : 108022.

Huff-Lonergan, E., 2010. "Water-holding capacity of fresh meat: national pork board/american meat science association fact sheet". **Meat Science**. 71 : 194-200.

Hwang, S. I., Lee, E. J. and Hong, G. P. 2019. "Effects of temperature and time on the cookery properties of sous-vide processed pork loin". **Food Science of Animal Resources**. 39 : 65-72.

ISO-6579. 2002. Microbiology- general guidance on methods for the detection of *salmonella* 4th ed, International Organisation for Standardization, Geneve, Switzerland.

Jeremiah, L. E. 2001. "Packaging alternatives to deliver fresh meats using short- or long-term distribution". **Food Research International**. 34 : 749-772.

Juárez, M., Failla, S., Ficco, A., Peña, F., Avilés, C. and Polvillo, O. 2010. "Buffalo meat composition as affected by different cooking methods". **Food Bioprod Process**. 88 : 145-148.

Kaczmarek, A., Eegielska-Radziejewska, C., Szablewski, T. and Zabielski, J. 2015. "TBARS and microbial growth predicative models of pork sausage storage at different temperatures". **Food Microbiology and Safety**. 33 : 320-325.

Karabagias, I., Badeka, A. and Kontominas, M. G. 2011. "Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging". **Meat Science**. 88 : 109-116.

Kaur, L., Hui, S. X., and Boland, M. 2020. "Changes in cathepsin activity during low-temperature storage and sous vide processing of beef brisket". **Food Science of Animal Resources**. 40 : 415-425.

Kim, Y. A., Ba, H. V. and Hwang, I. 2019. "Effects of traditional sauce type and storage time on quality characteristics, shelf-life and flavor compounds of marinated pork cooked by sous vide method". **Food Science of Animal Resources**. 39 : 355-370.

Koohmaraie, M. 1994. "The biological basis of meat tenderness and potential genetic approaches for its control and prediction". **American Meat Science Association**. 48 : 69-75.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kortei, N. K., Odamtten, G. T., Obodai, M., Appiah, V. and Akonor, P. T. 2015. "Determination of color parameters of gamma irradiated fresh and dried mushrooms during storage". **Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition**. 10 : 66-71.

Lee, K. T. and Yoon, C. S. 2001. "Quality changes and shelf life of imported vacuum-packaged beef chuck during storage at 0ºC". **Meat Science**. 59 : 71-77.

Leygonie, C., Britz, T. J. and Hoffman, L. C. 2012. "Impact of freezing and thawing on the quality of meat: review". **Meat Science**. 91 : 93-8.

Limbo, S. L., Torri, L., Sinelli, N., Franzetti, L. and Casiraghi, E. 2010. "Evaluation and predictive modeling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures". **Meat Science**. 84 : 129-136.

Løkke, M. M., Seefeldt, H. F. and Edelenbos, M. 2012. "Fresh-ness and sensory quality of packaged wild rocket". **Postharvest Biology and Technology**. 73 : 99-106.

Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., and Randall, R. J. 1951. "Protein measurement with folin phenol reagent". **Journal Biology Chemistry**. 193 : 256-276.

Madruga, M. S., and Bressan, M. C. 2011. "Goat meats: description, rational use, certification, processing and technical developments". **Small Ruminant Research**. 98 : 39-45.

Marapana, R., Nayanarasi, H., Senanayaka, S., Perera, P. and Kodagoda, K. 2018. "Effect of processing conditions on quality of chicken sausages stuffed in different casings". **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**. 7 : 56-64.

Masniyom, P. and Benjama, O. 2007. "Effect of lactic, acetic and citric acids on quality changes of refrigerated green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)". **Songklanakarin Journal Science Technology**. 29 : 1123-1134.

Masniyom, P., Benjakul, S., and Visessanguan, W. 2004. "ATPase activity, surface hydrophobicity , sulfhydryl content and protein degradation in refrigerated seabass muscle in modified atmosphere packaging". **Journal Of Food Biochemistry.** 28 : 43–60.

Masniyom, P., Benjakula, S., Visessanguan, W. 2005. "Combination effect of phosphate and modified atmosphere on quality and shelf-life extension of refrigerated seabass slices". **LWT**. 38 : 745-756.

Morrissey, M. T., Wu, J. W., Lin, D. and An, H. 1993. "Protease inhibitor effects on torsion measurements and autolysis of Pacific whiting surimi". **Journal Food Science**. 58 : 1050-1064.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Muela, E., Monge, P., Sañudo, C., Campo, M. M. and Beltrán, J. A. 2016. "Meat quality of lamb frozen stored up to 21 months: Instrumental analyses on thawed meat during display". **Meat Science**. 102 : 35-40.

Mungure, T. E., Bekhit, A. E. D. A., Birch, E. J. and Stewart, I., 2016. "Effect of rigor temperature, ageing and display time on the meat quality and lipid oxidative stability of hot boned beef semimembranosus muscle". **Meat Science**. 114 : 146-153.

Nyati, H. 2000. "An evaluation of the effect of storage and processing temperature on the microbiological status of sous vide extended shelf life products". **Food Control**. 11 : 471-476.

Olaoye, O. A., Onilude, A. A. and Idowu, O. A. 2011. "Microbiological profile of goat meat inoculated with lactic acid bacteria culture and stored at 30°C for 7 days". **Food Bioprocess Technol**. 4 : 312-319.

Olivera, D. F., Bambicha, R., Laporte, G., Cárdenas, F. C. and Mestorino, N. 2012. "Kinetics of colour and texture changes of beef during storage". **Journal of Food Science Technology**. 50 : 821-825.

Oman, J. S., Waldron, D. F., Griffin, D. B. and Savell, J. W. 1999. "Effect of breed-type and feeding regimen on goat carcass traits". **Journal Animal Science**. 77 : 3215-3218.

Öztürk, K. B., Kavuşan, H. S. and Serdaroğlu, M. 2020. "The impacts of laurel (*Laurus nobilis*) and basil (*Ocimum basilicum*) essential oils on oxidative stability and freshness of sous-vide sea bass fillets". **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**. 44 : 101-109.

Paik, H. D., Kim, H. J., Nam, K. J., Kim, C. J., Lee, S. E. and Lee, D. S. 2006. "Effect of nisin on the storage of sous vide processed Korean seasoned beef". **Food Control**. 17 : 994-1000.

Park, J. M., Lee, S. H., Koh, J. H. and Kim, J. M. 2018. "Determination of shelf life model of pork cutlet and pork lard during accelerated storage conditions". **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**. 38 : 664-678.

Pérez-Andrés, J. M., Alba, M., Harrison, S. M., Brunton, N. P., Cullen, P. J. and Tiwaria, B. K. 2020. "Effects of cold atmospheric plasma on mackerel lipid and protein oxidation during storage". **LWT - Food Science and Technology**. 118 : 108697.

Phimolsiripol, Y. and Suppakul, P. 2016. "Techniques in shelf life evaluation of food products". **Food Science**. 1-8.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Piedrahita, A. M., Peñaloza, J., Cogollo, Á. and Rojano, B. A. 2015. "Kinetic study of the oxidative degradation of choibá oil (dipteryx oleifera benth.) with addition of rosemary extract (*Rosmarinus Officinalis* l.)". **Food and Nutrition Science**. 6 : 466-479.

Rhee, K. S., Meyers, C. E., and Waldron, D. F. 2003. "Consumer sensory evaluation of plain and seasoned goat meat and beef products". **Meat Science**. 65 : 785-789.

Roldán, M., Antequera, T., Hernández, A. and Ruiz, J. 2015. "Physicochemical and microbiological changes during the refrigerated storage of lamb loins sous-vide cooked at different combinations of time and temperature". **Food Science and Technology International**. 21 : 512-522.

Roldán, M., Ruiz, J., del Pulgar, J. S., Pérez-Palacios, T. and Antequera, T. 2015. "Volatile compound profile of sous-vide cooked lamb loins at different temperature–time combinations". **Meat science**. 100 : 52-57.

Romero, M. C., Fogar, R. A., Doval, M, M., Romero, A. M. and Judis, M. A. 2019. "Optimisation of cooking properties of healthier beef patties and quality evaluation during frozen storage". **Journal of Food Measurement and Characterization**. 13 : 1907-1916.

Rooyen, L. A. V., Allena, P., Gallagher, E. I. and Connor, D. I. 2018. "The effect of temperature during retail display on the colour stability of CO pretreated vacuum packaged beef steaks". **Meat Science**. 145 : 16-22.

Schormuller J. 1969. **Handbook of Food Chemistry (Vol. IV)**. Berlin, Germany: Springer-Verlag. [online]. Available : https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)10027-3

Sen, A. R. and Karim, S. A. 2003. "Effect of meat particle size on quality attributes of restructured mutton steaks". **Journal of Food Science and Technology**. 40 : 423-425.

Sen, A. R., Santra, A. and Karim, S. A. 2004. "Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions". **Meat Science**. 66 : 757-763.

Severini, C., Teresa De Pilli, T. D. and Baiano, A. 2003. "Partial substitution of pork backfat with extra-virgin olive oil in 'salami' products: effects on chemical, physical and sensorial quality". **Food Chemistry**. 64 : 323-331.

Sewald, M. and DeVries, J. 2017. **Food Product Shelf Life. Medalion Laboratories Ananlytical Progress**. [online]. Available : http://www.medlabs.com/Downloads/food_product_shelf_life_web.pdf.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shakila, R. J., Jeyasekaran, G., Vijakumar, A. and Sukumar, D. (2009). "Microbiological quality of sous-vide cook chill fish cakes during chilled storage (3°C)". **International Journal of Food Science and Technology**. 44 : 2120-2126.

Sheard, P. R. 2002. **Processing and quality control of restructured meat In: Meat Processing: Improving Quality.** Kerry, J., Kerry, J. and Ledward D. (Eds), CRC Press, Cambridge, England.

Sun, X. D. 2009. "Utilization of restructuring technology in the production of meat products: a review". **CyTA – Journal of Food**. 7 : 153-162.

Szwejda-Grzybowska, J. I., Wrzodak, A., Grzegorzewska, M. and Gajewski, M. 2019. "Influence of tap and hot water treatment before short-term storage on biologically active compounds and sensory quality of wild rocket leaves (Diplotaxis Tenuifolia L.)". **Journal of Horticultural Research**. 227 : 113-120.

Tangwatcharin, P., Sorapukdee, S. and Kongsrirat, K. 2019. "Sous-vided restructured goat steaks: process optimized by thermal inactivation of listeria monocytogenes and their quality characteristics". **Food Science of Animal Resources**. 39 : 863-876.

Thomas, R., Anjaneyulu, A. S. R. and Kondaiah, N. 2006. "Quality and shelf life evaluation of emulsion and restructured buffalo meat nuggets at cold storage (4±1°C)". **Meat Science.** 72 : 373-379.

Vanitha, M., Dhanapal, K., Sravani, K. and Reddy. G. V. S. 2013. "Quality evaluation of value added mince based products from catla (catla catla) during frozen storage". **International Journal of Science, Environment and Technology**. 2 : 487-501.

Venugopal, V., Alur, M. P. and Lewis, N. F. 1983. "Extracellular protease from *Pseudonomas marinoglutinosa*: some properties and its action on fish actomyosin". **Journal Food Science**. 48 : 671-675.

Vikraman, S., Fryar, C. D. and Ogden, C. L. 2015. "Caloric intake from fast food among children and adolescents in the united states". 2011-2012.

Wang, L. L. and Xiong, Y. L. 2005. "Inhibition of lipid oxidation in cooked beef patties by hydrolyzed potato protein is related to its reducing and radical scavenging ability". **Journal of Agriculyural and Food Chemistry.** 53 : 9186-9192.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Webb, E. C. 2014. "Goat meat production, composition, and quality". **Animal Frontiers**. 4 : 33-37.

Webb, E. C. , Casey, N.H. and Simela, L. 2005. "Goat meat quality". **Small Ruminant Research**. 60 : 153-166.

Wenjiao, F., Yongkui, Z., Yunchun, C., Junxiu, S., and Yuwen, Y. 2014. "TBARS predictive models of pork sausages stored at different temperatures". **Meat Science** 96 : 1-4.

Xargayó, M., Lagares, J., Fernandez, E., Ruiz, D. and Borrell, D. 2001. "Marination of fresh meats by means of spray effect: influence of spray injection on the quality of marinated products". Girona, Spain: Metalquimia Meat & Research Center. Available from Metalquimia< http://www. metalquimia. com.

Yang, X., Wanga, H., Badonia, M., Zawadskia, S., McLeodb, B., Holmana, D. and Uttaroa, B. 2020. "Effects of a novel three-step sous-vide cooking and subsequent chilled storage on the microbiota of beef steaks". **Meat Science**. 159 : 107938.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

1. การเตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์ค่าออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric acid reactive substance (TBARs)

1.1 stock MDA 100 mM 1,1,3,3- Tetraethoxypropane (TEP) ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

1,1,3,3- Tetraethoxypropane (TEP)	10	ไมโครลิตร
95% ethanol	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย 1,1,3,3- Tetraethoxypropane (TEP) 10 ไมโครลิตร ใน 95% methanol 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.2 สารละลาย TBA ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

Trichloroacetic acid (TCA)	0.375	กรัม
2-thiobarbituric acid	15	กรัม
0.25 N HCl	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Trichloroacetic acid (TCA) 0.375 กรัม ร่วมกับ 2-thiobarbituric acid 15 กรัม ใน 0.25 N HCl 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยการให้ความร้อนพร้อมทั้งใช้ magnetic bar เพื่อช่วยในการกระจายตัวของสาร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การเตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์ค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงการย่อยสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อด้วยวิธี TCA-soluble peptide

2.1 5% Trichloroacetic acid (TCA) ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Trichloroacetic acid (TCA)	50	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Trichloroacetic acid (TCA) 50 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.2 สารละลาย MTyrosine

MTyrosine		
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการละลาย MTyrosine ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.3 Reagent A (2% Na_2CO_3 ในสารละลาย 0.1N NaOH) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

Na_2CO_3	2	กรัม
0.1N NaOH	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Na_2CO_3 2 กรัม ในสารละลาย 0.1N NaOH 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.4 Reagent B (0.5% $CuSO_4$. $5H_2O$ และ 1% sodium citrate) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

$CuSO_4$. $5H_2O$	0.5	กรัม
sodium citrate	1	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย $CuSO_4$. $5H_2O$ 0.5 กรัม ร่วมกับ sodium citrate 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.5 Reagent C

ทำการผสม reagent A เข้ากับ reagent B คนให้เข้ากัน เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ควรเตรียมก่อนใช้งานเสมอ)

2.6 สารละลาย Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

Folin-ciocalteu	50	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	50	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Folin-ciocalteu 50 มิลลิลิตร ใน น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ควรเตรียมก่อนใช้งานเสมอ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. การเตรียม 1% Potassium tellurite ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

Potassium tellurite	1	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Potassium tellurite 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2. สารละลายเกลือ 0.85% Sodium chloride ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Sodium chloride	8.5	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Sodium chloride 8.5 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

3. สารละลายเปปโตน 0.1% buffered peptone water ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Buffered peptone water	25.5	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย 0.1% peptone water 25.5 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

4. สารละลาย Kovac's indole reagent

Amylose iso-amylalcohol	150	มิลลิลิตร
p-dimethyl aminobenzaldehyde	10	กรัม
HCl	50	มิลลิลิตร

ทำการละลาย p-dimethyl aminobenzaldehyde 10 กรัม ลงใน Amylose iso-amylalcohol 150 มิลลิลิตร แล้วค่อยๆ เติม HCl ลงไป เก็บในขวดสีชา ที่ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. 10% Tartarlic acid ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

Tartarlic acid	10	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Tartarlic acid 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

6. 40% KOH ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

KOH	40	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย KOH 40 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

7. Baird-Parker agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

7.1 Baird-Parker agar	58	กรัม
น้ำกลั่น	950	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Baird-Parker agar 58 กรัม ในน้ำกลั่น 950 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อ จุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

7.2 การเตรียม egg yolk-tellurite emuision

1) นำไข่ไก่สดแช่ใน 95% alcohol เป็นเวลา 20 นาที

2) นำไข่ไก่ในข้อที่ 1) วางบนกรดาษทิชชู ทิ้งให้ แอลกอฮอล์ระเหย

3) ตอกไข่ในตู้ปลอดเชื้อ โดยการแยกไข่ขาวออกจากไข่แดง โดยนำไข่แดง (ไข่แดง 5%) ใส่ลงในบีกเกอร์ที่ปลอดเชื้อ เติม 0.53% NaCl 40 มิลลิลิตร และเติม 10.5% tellurite 1 มิลลิลิตร (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

ทำการผสม ข้อที่ 6.1 และ ข้อที่ 6.2 ผสมให้เข้ากันด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ

8. Buffered listeria enrichment broth ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Buffered listeria enrichment broth	48	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการละลาย Buffered listeria enrichment broth 48 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อ จุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

9. EMB agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

EMB agar	36	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย EMB agar 36 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

10. Hektoen Enterixa agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Hektoen Enterixa agar	75	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Hektoen Enterixa agar 75 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อ จุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

11. Lysine Iron Agar ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

Lysine Iron Agar	3.2	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Lysine Iron Agar 3.2 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ให้ความร้อนด้วย microwaveจากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อ จุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

12. LMX broth ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

LMX broth	17	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย LMX broth 17 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

13.1 Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar	21.5	กรัม
น้ำกลั่น	450	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar 21.5 กรัมในน้ำกลั่น 450 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

13.2 การเตรียมegg yolk solution

ไข่แดง	25	กรัม
0.85% NaCl	25	มิลลิลิตร
13.3 supplement MYP	1	viol
น้ำกลั่น	5	มิลลิลิตร

ทำการผสมอาหารในข้อที่ 14.1 เข้ากับ ข้อที่ 14.2 และ 14.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ก่อนเทอาหาร

14. Mueller Kauffmann Tetrathionate Novobiocin Broth (MkTTN) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

MkTTN	89.5	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย MkTTN 89.5 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที (actoclave เฉพาะน้ำกลั่น)

15. Modified listeria selective agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

15.1 Modified listeria selective agar	55.5	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย MRS broth 52.2 กรัม ร่วมกับ Agar-agar 15 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

15.2 Listeria selective supplement	1	viol
98% alcohol	100	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการละลาย Listeria selective supplement โดยปิเปต 95% alcohol 1.57 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 3.43 มิลลิลิตร (ทำให้ปลอดเชื้อ จุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที เฉพาะ 95% alcohol และ น้ำกลั่น)

16. MRS agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

MRS broth	52.2	กรัม
Agar-agar	15	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย MRS broth 52.2 กรัม ร่วมกับ Agar-agar 15 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

17. MR-VP broth ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

MR-VP broth	17	กรัม
Agar-agar	15	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย MR-VP broth 17 กรัม ร่วมกับ Agar-agar 15 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

18. Novomycin ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

Novomyocin	15	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Novomyocin 15 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

19. Plate count agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Plate count agar	22.5	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการละลาย Plate count agar 22.5กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

20. Potassium iodine ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

Potassium iodine	25	กรัม
Iodine	20	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Potassium iodine 25กรัม ร่วมกับ Iodine 20 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

21. Potato dextrose agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Potato dextrose agar	39	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Potato dextrose agar 39 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

22. Streptomycinthallous acetate actidone (STAA) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

22.1 STAA

Peptone broth	10	กรัม
Yeast extract	1.0	กรัม
Dipotassium hydrogenphosphate	0.5	กรัม
Magnesium sulphate	0.5	กรัม
Agar-agar	6.5	กรัม
น้ำกลั่น	500	มิลลิลิตร

ทำการผสม Peptone broth 10 กรัม Yeast extract 1.0 กรัม Dipotassium hydrogenphosphate 0.5กรัม Magnesium sulphate 0.กรัม Agar-agar 6.กรัม และละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22.2 Supplement STAA	1	viol
น้ำกลั่น	5	มิลลิลิตร

ทำการผสมอาหารในข้อที่ 23.1 และ 23.2 ผสมให้เข้ากัน ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ก่อนการเทอาหาร

23. Tryptone Soya Agar ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

23.1 Tryptone Soya Agar	4.01	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Tryptone Soya Agar 4.01 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 12 นาที

23.2 13.3% sodium thioglycolate

sodium thioglycolate	13.3	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

23.3 buffer mixer

dipotassium phosphate	5.7	กรัม
sodium carbonate	28	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการผสม 13.3% sodium thioglycolate 0.75 มิลลิลิตร กับ Buffer mixer (5.7% dipotassium phosphate + 28% sodium carbonate) 1.75 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

24. Triple Sugar Iron ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

Triple Sugar Iron	6.5	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Tryptone Soya Agar 4.01 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 12 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพเนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงในสภาวะปกติและสภาวะเร่ง

แบบประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุง

วันที่..... ลำดับที่.....

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

เพศ ☐ชาย ☐หญิง

กรุณาระบุช่วงอายุของท่าน

☐อายุต่ำกว่า 20 ปี ☐อายุ 20-25 ปี ☐อายุ 26-30 ปี

☐อายุ 31-35 ปี ☐อายุ 31-35 ปี ☐อายุ 36-40 ปี

☐อายุมากกว่า 40 ปี

ศาสนา

☐พุทธ ☐ อิสลาม ☐ คริสต์

รายได้ของท่านต่อเดือน

☐น้อยกว่า 5,000 บาท ☐5,000-15,000บาท

☐15,000-20,000 บาท ☐21,000-25,000 บาท

☐มากกว่า 25,000 บาท

อาชีพ

☐ นักเรียน นักศึกษา ☐รับราชการ พนังงานของรัฐ

☐ บริษัทเอกชน ☐ธุรกิจส่วนตัว

☐ อื่น ๆ โปรดระบุ

คุณเคยรับประทานเนื้อแพะหรือไม่

☐ เคย ☐ไม่เคย

คุณชอบรับประทานเนื้อขึ้นรูปหรือไม่

☐ไม่ชอบมาก ☐ไม่ชอบ ☐ไม่ค่อยชอบ

☐เฉยๆ ☐ ค่อนข้างชอบ ☐ ชอบ

☐ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ส่วนที่ 2</u> กรุณาให้คะแนนระดับความชอบของท่าน (จาก 1 ถึง 9 คะแนน) ที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ปรุงสุกที่ท่านกำลังทดสอบทางประสาทสัมผัสทีละตัวอย่าง โดยกรอกคะแนนลงให้ตรงกับรหัสตัวอย่างในตารางด้านล่าง

คะแนน	ระดับความแตกต่าง
9	ไม่แตกต่างมากที่สุด
8	ไม่แตกต่างมาก
7	ไม่แตกต่างเล็กน้อย
6	คอนข้างไม่แตกต่าง
5	แตกต่าง
4	ค่อนข้างแตกต่าง
3	แตกต่างเล็กน้อย
2	แตกต่างมาก
1	แตกต่างมากที่สุด

ก่อนทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสแต่ละตัวอย่างให้ผู้ทดสอบดมกากกาแฟที่เตรียมไว้ในภาชนะโดยเริ่มทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยเริ่มจากตัวอย่างด้านซ้ายไปขวา

รหัสตัวอย่าง / ลักษณะที่ศึกษา	รหัสตัวอย่างผลิตภัณฑ์ Sous-vide							
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ (Appearance)								
สีของชิ้นเนื้อ (Color)								
กลิ่นไม่พึงประสงค์ (Off-odor)								
ความชอบโดยรวม (Overall acceptability)								
การยอมรับ								
ยอมรับ								
ไม่ยอมรับ								

หมายเหตุ

- ลักษณะปรากฏ หมายถึง ภาพรวมของผลิตภัณฑ์
- สีของชิ้นเนื้อ หมายถึง สีของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุง
- กลิ่นสาบ/ กลิ่นเหม็นเน่า หมายถึง กลิ่นของผลิตภัณฑ์ (กลิ่นเหม็นเน่าของเนื้อ/ กลิ่นคาว)
- ความชอบโดยรวม หมายถึง ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

ความคิดเห็นเพิ่มเติม.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ส่วนที่ 3</u> กรุณาให้คะแนนระดับความชอบของท่าน (จาก 1 ถึง 9 คะแนน) ที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ปรุงสุกที่ท่านกำลังทดสอบทางประสาทสัมผัสทีละตัวอย่าง โดยกรอกคะแนนลงให้ตรงกับรหัสตัวอย่างในตารางด้านล่าง

คะแนน	ระดับความแตกต่าง
9	ไม่แตกต่างมากที่สุด
8	ไม่แตกต่างมาก
7	ไม่แตกต่างเล็กน้อย
6	คอนข้างไม่แตกต่าง
5	แตกต่าง
4	ค่อนข้างแตกต่าง
3	แตกต่างเล็กน้อย
2	แตกต่างมาก
1	แตกต่างมากที่สุด

ก่อนทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสแต่ละตัวอย่างให้ผู้ทดสอบดมกากกาแฟที่เตรียมไว้ในภาชนะโดยเริ่มทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยเริ่มจากตัวอย่างด้านซ้ายไปขวา

รหัสตัวอย่าง / ลักษณะที่ศึกษา	รหัสตัวอย่างผลิตภัณฑ์ Sous-vide- Grilled							
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ (Appearance)								
สีของชิ้นเนื้อ (Color)								
กลิ่นไม่พึงประสงค์ (Off-odor)								
ความชอบโดยรวม (Overall acceptability)								
การยอมรับ								
ยอมรับ								
ไม่ยอมรับ								

หมายเหตุ

- ลักษณะปรากฏ หมายถึง ภาพรวมของผลิตภัณฑ์
- สีของชิ้นเนื้อ หมายถึง สีของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุง
- กลิ่นสาบ/ กลิ่นเหม็นเน่า หมายถึง กลิ่นของผลิตภัณฑ์ (กลิ่นเหม็นเน่าของเนื้อ/ กลิ่นคาว)
- ความชอบโดยรวม หมายถึง ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

ความคิดเห็นเพิ่มเติม.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาและค่า R^2 ของคุณภาพด้านจุลินทรีย์ เคมี กายภาพ ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมรูปที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส

Quality indicator	Temperature (T=K)	ค่า R^2 เฉลี่ยของ reaction rate		
		Zero-order	First-order	Second-order
จุลินทรีย์				
Aerobic mesophilic bacteria	273.15			
	283.15	0.9626	0.9650	0.9497
	293.15			
Anaerobic mesophilic bacteria	273.15			
	283.15	0.9670	0.9767	0.9608
	293.15			
Aerobic psychrophilic bacteria	273.15			
	283.15	0.9730	0.9812	0.9667
	293.15			
Anaerobic psychrophilic	273.15			
bacteria	283.15	0.9878	0.9676	0.9125
	293.15			
Lactic acid bacteria	273.15			
	283.15	0.9517	0.9380	0.8921
	293.15			
เคมี-กายภาพ				
Purge loss, %	273.15			
	283.15	0.3048	0.3106	0.3127
	293.15			
pH values	273.15			
	283.15	0.5773	0.5756	0.5740
	293.15			
TBARS (mg MDA/kg meat)	273.15			
	283.15	0.9409	0.9256	0.9010
	293.15			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาและค่า R^2 ของเคมี กายภาพ และเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis) ของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมรูปที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส

Quality indicator	Temperature (T=K)	ค่า R^2 เฉลี่ยของ reaction rate		
		Zero-order	First-order	Second-order
TCA (μmol tyrosine/g)	273.15			
	283.15	0.8531	0.87713	0.8964
	293.15			
สี				
Color (CIE L*)	273.15			
	283.15	0.1910	0.1938	0.1967
	293.15			
Color (CIE a*)	273.15			
	283.15	0.2129	0.2009	0.1895
	293.15			
Color (CIE b*)	273.15			
	283.15	0.0541	0.0543	0.0547
	293.15			
Color (CIE C*)	273.15			
	283.15	0.1107	0.1036	0.0969
	293.15			
Color (CIE h*)	273.15			
	283.15	0.0953	0.2561	0.2402
	293.15			
Texture Profile Analysis				
Hardness (N)	273.15			
	283.15	0.9023	0.9085	0.8995
	293.15			
Chewiness (N)	273.15			
	283.15	0.5803	0.5877	0.5827
	293.15			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาและค่า R^2 ของเคมี กายภาพ เนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมรูปที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Quality indicator	Temperature (T=K)	ค่า R^2 เฉลี่ยของ reaction rate		
		Zero-order	First-order	Second-order
Gumminess (N)	273.15			
	283.15	0.8197	0.8479	0.8643
	293.15			
Cohesiveness	273.15			
	283.15	0.0836	0.0855	0.0875
	293.15			
Springiness	273.15			
	283.15	0.1513	0.1529	0.1546
	293.15			
การทดสอบทางประสามสัมผัส				
Appearance	273.15			
	283.15	0.8367	0.8703	0.8942
	293.15			
color	273.15			
	283.15	0.7743	0.8173	0.8532
	293.15			
off-odor	273.15			
	283.15	0.9587	0.9378	0.8642
	293.15			
overall acceptability	273.15			
	283.15	0.9307	0.9162	0.8561
	293.15			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวกมลทิพย์ คงศรีรัตน์
วัน เดือน ปีเกิด	25 ธันวาคม 2537
ที่อยู่	111/2 หมู่ที่ 7 ตำบลพรุพี อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84270
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี
	พ.ศ. 2559 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (สัตวศาสตร์) (เกียรตินิยมลำดับ 2) คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช
	พ.ศ. 2562 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตภัณฑ์ และประมง สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
ผลงานทางวิชาการ	"Physicochemical and Functional Properties of Freeze Dried Synbiotic Yogurt Made From Goat's Milk Enriched with Bougainvillea Flower." International Annual Symposium on Sustainability Science and Management (UMTAS2016).
	"Sous-vided restructured goat meat: Changes in meat qualities during refrigerated storage." 8th International Conference on Integration of Science and Technology for Sustainable Development (8th ICIST).
ทุนที่ได้รับ	โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุสาหกรรม สัญญาเลขที่ MSD61I0036 รหัสโครงการ 6022055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้