รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง

Development of ready-to-cook restructured goat steak

ผศ.ดร. ผุสดี ตังวัชรินทร์
ผศ.ดร. ศุภลักษณ์ สรภักดี
นางสาวสุภาพรรณ ศฤงฆาร

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงานวิจัย
จากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง

Development of ready-to-cook restructured goat steak

ผศ.ดร. ผุสดี ตังวัชรินทร์

ผศ.ดร. ศุภลักษณ์ สรภักดี

นางสาวสุภาพรรณ ศฤงฆาร

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงานวิจัย

จากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ : การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง
แหล่งเงินทุน : งบประมาณเงินรายได้คณะเทคโนโลยีการเกษตร
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 450,000 บาท
ระยะเวลา 2 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2560 ถึง 30 กันยายน 2562
หัวหน้าโครงการวิจัย : ผศ.ดร. ผุสดี ตังวัชรินทร์
ผู้ร่วมวิจัย : ผศ.ดร. ศุภลักษณ์ สรภักดี
: นางสาวสุภาพรรณ ศฤงฆาร
หน่วยงาน : ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง โดยมีการทดลองทั้งหมด 4 การทดลอง โดยจากการศึกษาคุณภาพเนื้อจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อของซากแพะลูกผสม 3 สายพันธุ์ (25% พื้นเมือง × 25% แองโกนูเบียน × 50% บอร์) พบว่า เนื้อแพะจากชิ้นส่วนของขาหลัง สะโพก และคอ มีคุณภาพเนื้ออยู่ในเกณฑ์เนื้อเหนียวปานกลาง โดยพิจารณาจาก ปริมาณไขมัน ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด คอลลาเจนที่ละลายได้ และค่าแรงเฉือน จากนั้นนำชิ้นส่วนที่มีคุณภาพเนื้อเหนียวปานกลางมาใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่โดยการมาริเนตด้วยน้ำ น้ำสายชู เกลือ น้ำมันหอย และซีอิ๊วขาว พบว่าการใช้ น้ำความเข้มข้น 15.0% น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2.0% เกลือความเข้มข้น 0.8% น้ำมันหอยความเข้มข้น 1.0% และซีอิ๊วขาวความเข้มข้น 1.0 ในการมาริเนตผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะมีคะแนนทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด (ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสชาติ ความชุ่มน้ำ และความชอบโดยรวม) ($P<0.05$) สำหรับการขั้นตอนการขึ้นรูปใหม่การใช้โซเดียมเคซิเนตความเข้มข้น 1% ร่วมกับทรานกลูตามิเนสความเข้มข้น 1% มีการสูญเสียน้ำหนักในการละลาย การหดตัว และความแข็งน้อยที่สุด ($P<0.05$) สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงด้วยวิธีซูวีดที่อุณหภูมิใจกลาง 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 43 12 และ 3 นาที ตามลำดับ ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ เคมีกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัส พบวิธีซูวีดทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลง โดยแบคทีเรียกลุ่มใช้อากาศที่ชอบเจริญในอุณหภูมิปานกลางและต่ำมีจำนวนอยู่ในช่วง 3.06-3.18 และ 2.49-2.56 log cfu/g ตามลำดับ ยีสต์และราต่ำกว่า 1 log cfu/g เชื้อ *Staphylococcus aureus* โคลิฟอร์มและเชื้อ *Escherichia coli* น้อยกว่า 3 MPN/g และไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ใน 25 g แต่อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการซูวีดที่อุณหภูมิใจกลาง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 43 นาที มีคะแนนทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ($P<0.05$) และจากการประเมินคุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญในผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง พบว่า ผลิตภัณฑ์ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรัม/ถุง มีความชื้น 74.43% พลังงาน 112.91 กิโลแคลอรี่ และมีปริมาณไขมัน 30.15 กรัม โปรตีน 20.69 กรัม ซึ่งปริมาณไขมันมีไขมันไม่อิ่มตัว 1.45 กรัม คอลเลสเตอรอล 56.56 มิลลิกรัม ปริมาณเกลือ 515.36 มิลลิกรัม และมีกรดอะมิโนจำเป็น 8 ชนิด และมีกรดไขมันอิ่มตัว 0.65 กรัม กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว 0.66 กรัม และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน 0.08 กรัม และยังพบกรดไขมันชนิด Docosahexaenoic acid (DHA) 1.70 กรัม

ดังนั้นการศึกษานี้ทำให้ทราบถึงกระบวนมาริเนต การขึ้นรูป และการทำให้สุกที่เหมาะสมในการพัฒนา ผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุก ซึ่งสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ต่อไป

คำสำคัญ : เนื้อขึ้นรูปใหม่ เนื้อแพะ ซูวีด ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Development of ready-to-cook restructured goat steak

Researcher: Pussadee Tangwatcharin Supaluk Sorapukdee and Supapun Saringkhan

Faculty: Faculty of Agricultural Technology

Department: Department of Animal Production Technology and Fisheries

Abstract

The objective of this study was the development of ready-to-cook restructured goat steak. The experiment was divided into 4 parts; Firstly, this study was conducted to evaluate the carcass and meat quality of 3-way crosses (25% Thai native x 25% Anglo-Nubian x 50% Boer) goats from a farm in Krabi province, Thailand. It was found that the goat meat quality from hind legs, chump and neck was the medium tough meat which they were considered by fat content, total collagen, soluble collagen and shear force. After that, these goat meats were used for developing restructure goat steak product with marinade process using water, vinegar, sodium chloride, oyster sauce and soy bean sauce. The results showed that the using 15.0% water, 2.0% vinegar 0.8% sodium chloride, 1.0% oyster sauce and 1.0% soy bean sauce for marinating goat steak product had the highest scores of all sensory aspects (appearance, color, odor, taste, tender texture, juiciness and overall liking) ($P<0.05$). For forming process, the restructured goat steak using combination between 1.0% sodium caseinate and 1.0% transglutaminase had the lowest thawing loss, shrinkage and hardness ($P<0.05$). For the development of ready-to-cook restructured goat steak using sous-vide processes at core temperature 60, 65 and 70ºC for 43, 12 and 3min, respectively, were analysed microbiological and physicochemical qualities and sensory evalution. The sous-vide process caused the number of microbial decrease, which there were in range of 3.06-3.18 and 2.49-2.56 log cfu/g for aerobic mesophilic and psychotropic bacteria, lower than 1 log cfu/g for yeast and mold, lower than 1 log cfu/g for *Staphylococcus aureus*, lower than 3 MPN/g for coliform and *Escherichia coli* and not found/25 g for *Salmonella* spp. However, the product cooked by sous-vide process at 60ºC for 43 min had the highest scores in all sensory aspects. Finally, the ready-to-cook restructure goat steak was analysed the important nutritional quality. The nutrition profile of this product in serving size one pack (100 g) was 74.43% of moisture content, 112.91 kcal of energy, 30.15 g of fat, 3.35 g of total fat and 20.69 g of protein content and 515.36 mg of sodium for nutrients to be careful. The total fat was consisted 1.45 g of saturated fat and 56.56 mg of cholesterol and. For amino acid and fatty acid profiles, this product was found 8 essential amino acids and 0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

g/100 g of saturated fatty acids, 0.66 g/100 g of monounsaturated fatty acids, 0.08 g /100 g of polyunsaturated fatty acids and 1.70 g/100 g of docosahexaenoic acid.

Thus, this study achieved optimum processes of marinade, forming and cooking for producing ready-to-cook restructured goat steak which will be applied to meat industry.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหัวหน้าภาค นักวิทยาศาสตร์ บุคลากร และนักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่อำนวยความสะดวกทุกด้านในการดำเนินงานทำให้โครงการวิจัยนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี

โครงการวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2561 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผุสดี ตังวัชรินทร์
ศุภลักษณ์ สรภักดี
สุภาพรรณ ศฤงฆาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก

Abstract ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การเลี้ยงแพะในประเทศไทย 4

2.2 เนื้อแพะ 5

2.3 ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปใหม่ 9

2.4 กระบวนการทำให้สุกบางส่วนด้วยวิธี Sous Vide 23

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง 25

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 35

บทที่ 5 ข้อสรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 61

บทที่ 6 แบบรายงานผลผลิตโครงการวิจัย 62

บรรณานุกรม 67

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย 72

ประวัตินักวิจัย 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของโภชนะในเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ 6

ตารางที่ 2.2 ปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ 7

ตารางที่ 2.3 สมบัติเชิงหน้าที่และการประยุกต์ใช้เอนไซม์ MTGase ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.....19

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางกายภาพของของชิ้นส่วนซากแพะลูกผสมสายสายเลือด (พื้นเมือง x แองโกลนูเบียน x บอร์) 37

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางเคมีของของชิ้นส่วนซากแพะลูกผสมสายสายเลือด (พื้นเมือง x แองโกลนูเบียน x บอร์).....40

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณน้ำส้มสายชูต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ในกระบวนการหมักมาริเนต.....43

ตารางที่ 4.4 ผลของปริมาณน้ำส้มสายชูต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ในกระบวนการหมักมาริเนต.....44

ตารางที่ 4.5 ผลของเกลือ น้ำมันหอยและซีอิ๊วขาวต่อคุณภาพทางกายภาพ- เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ในกระบวนการขึ้นรูป.....45

ตารางที่ 4.6 ผลของ Sodium caseinate ต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะในกระบวนการขึ้นรูป.....49

ตารางที่ 4.7 ผลของวิธีการ Sous-vide ต่อคุณภาพทางจุลินทรย์ของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูป.....50

ตารางที่ 4.8 ผลของวิธีการ Sous-vide ต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพและทางปรสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูป.....52

ตารางที่ 4.9 ฉลากโภชนการของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุง ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคและวิธีการทดสอบ.....54

ตารางที่ 4.10 ฉลากโภชนาการฉบับภาษาไทย 56

ตารางที่ 4.11 ฉลากโภชนการ ฉบับ ภาษาอังกฤษ ตามมาตรฐาน USA Labeling.....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

ตารางที่ 4.12 ปริมาณกรดอะมิโน (amino acid profile) ในผลผลิตภัณฑ์ สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุง 58

ตารางที่ 4.13 ปริมาณกรดไขมัน (fatty acid profile) ในผลผลิตภัณฑ์ สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุง 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 จำนวนเกษตรกรและแพะ รายเขตปศุสัตว์....4

ภาพที่ 2.2 จำนวนแพะจำแนกตามประเภท 5

ภาพที่ 2.3 ปัญหาและอุปสรรคของการบริโภคเนื้อแพะและแกะ 9

ภาพที่ 2.4 ปฏิกิริยา Catalysed โดยเอนไซม์ MTGase (a)acyl-transfer (b) cross-linking of lysine and glutamine (c) deamidation 16

ภาพที่ 2.5 ศักยภาพของการเชื่อมโยงของอนุภาคโปรตีนด้วยเอนไซม์ transglutaminase, TG= transglutaminase 17

ภาพที่ 2.6 การเกิดปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ MTGase และกลไกในการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนในอาหาร 18

ภาพที่ 2.7 ลักษณะของสเต๊กเนื้อโคที่ทำให้สุกด้วยการย่างแบบ Pan sear และ Sous vide....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอาชีพการเลี้ยงแพะเนื้อเป็นอาชีพหนึ่งที่เกษตรกรสนใจและกำลังนิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากแพะเนื้อเป็นสัตว์เลี้ยงง่าย หากินเก่ง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี รวมทั้งให้ผลผลิตเร็วอีกด้วย โดยในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีการเลี้ยงแพะเนื้อส่วนใหญ่อยู่ภาคใต้ โดยเฉพาะภาคใต้ตอนล่าง (สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์. 2558) ซึ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเนื้อส่วนใหญ่นับถือศาสนาอิสลาม ซึ่งพันธุ์แพะเนื้อที่เกษตรกรนิยมเลี้ยง ได้แก่ พันธุ์ลูกผสมบอร์/แองโกล เนื่องจากให้ผลผลิตสูง เนื้อมีคุณภาพ การเจริญเติบโตดี และทนต่อสภาพแวดล้อม ราคาดี โดยราคาแพะเนื้อมีชีวิตที่พ่อค้าคนกลางนำมาขายประมาณตัวละ 2,500 – 4,500 บาท หรือ กิโลกรัมละ 110-180 บาท โดยขนาด/น้ำหนักแพะส่วนใหญ่ที่มีการซื้อขายเป็นน้ำหนัก 20–60 กิโลกรัม/ตัว และราคาเนื้อแพะประมาณ 250-300 บาท/กิโลกรัม ดังนั้น จังหวัดกระบี่จึงได้มียุทธศาสตร์ “กระบี่เมืองแพะ” โดยเป้าหมายจะผลิตแพะให้ได้ 1,000,000 ตัว ภายในปี พ.ศ. 2570 จึงได้มีการสนับสนุนให้เกษตรกรเลี้ยงแพะเนื้อมากขึ้น

ทั้งนี้ การศึกษาก่อนหน้านี้ได้รายงานว่าเนื้อแพะมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี และเป็นทางเลือกในการบริโภคเนื้อสัตว์เพื่อสุขภาพ เนื่องจากเนื้อแพะมีไขมันต่ำมาก (แพะ 3% ไก่ 7.4% และเนื้อวัว 18.8%) มีแคลอรี่ต่ำ และคอเลสเตอรอลน้อยกว่าเนื้อไก่ เนื้อสุกร และเนื้อแกะ นอกจากนี้เนื้อแพะยังเป็นแหล่งแร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ โดยเฉพาะ แคลเซียม เหล็ก โปตัสเซียม โซเดียม สังกะสี (zinc) ไรโบฟลาวิน และวิตามินอี ซึ่งมีปริมาณมากกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น (Gourmet Goat Ltd., 2017) แต่อย่างไรก็ตามเนื้อแพะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและพังผืดภายในมัดกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมาก อีกทั้งเนื้อแพะยังมีลักษณะเป็นเส้นหยาบ ทำให้เนื้อแพะมีเนื้อสัมผัสเหนียว จึงต้องมีการบ่มซากหรือเนื้อแพะก่อนนำไปบริโภคและแปรรูป และยิ่งไปกว่านั้น กระบวนการฆ่าแพะในจังหวัดกระบี่และภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย มีขั้นตอนการกำจัดขนแพะโดยการเผาขนได้เปลวไฟอุณหภูมิสูง ซึ่งความร้อนจากเปลวอาจทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เนื้อนุ่มในระหว่างการบ่มซากหรือเนื้อ ทำให้เนื้อแพะที่ผ่านกระบวนฆ่าดังกล่าวมีเนื้อสัมผัสเหนียว ไม่เหมาะสมในการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านความร้อนต่ำ-ปานกลางเป็นเวลาสั้นๆ โดยเฉพาะ สเต็กเนื้อแพะ จึงทำให้ลักษณะการบริโภคเนื้อแพะในจังหวัดกระบี่ และภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยมีการแปรรูปเนื้อแพะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านความร้อนปานกลางเป็นเวลานาน ได้แก่ การตุ๋น การเคี่ยว และแกง เป็นหลัก ทำให้เป็นข้อจำกัดในการบริโภคเนื้อแพะและผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาไม่สูงนัก และไม่สอดคล้องกับลักษณะการบริโภคเนื้อสัตว์ของ***นักท่องเที่ยวทั้งชาวต่างชาติและคนไทยจากภูมิภาคอื่นที่มีลักษณะการบริโภคเนื้อสัตว์ในรูปแบบสเต็กเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ราคาสูง*** แต่จากคุณสมบัติของเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพะที่ผลิตได้ทำให้ไม่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย ส่งผลต่อปริมาณการบริโภคเนื้อแพะและการกำหนดราคาเนื้อแพะในปัจจุบัน ทำให้เกษตรกรไม่ประสงค์ประกอบอาชีพการเลี้ยงแพะเนื้อ อีกทั้ง หากเกษตรกรเลี้ยงแพะเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้มีการฆ่าชำแหละและตัดแต่งซากแพะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีเศษเนื้อแพะเพิ่มขึ้นด้วย การบริหารจัดการเนื้อแพะจึงมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อ อันส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและความมั่นคงทางอาหารภายในจังหวัดกระบี่และภายใต้ของประเทศอย่างต่อเนื่อง

ดังนั้น จึงมีแนวคิดที่จะ***พัฒนาผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง ซึ่งมีเนื้อสัมผัสนุ่ม รสชาติดี น่ารับประทาน ที่อุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการ และคอเลสเตอรอลต่ำ เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม โดยมีเป้าหมายเป็นต้นแบบตลาดอาหารฮาลาลภายในประเทศและค่อยขยายส่งตลาดต่างประเทศ*** เพื่อเพิ่มช่องทางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ใหม่ และเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการจำหน่ายเนื้อแพะที่ผลิตในจังหวัดกระบี่ และภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อการศึกษาคุณภาพเนื้อแพะแช่เยือกแข็งจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อ
2. เพื่อการพัฒนากระบวนการผลิตสเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่
3. เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงด้วยวิธี Sous vide
4. เพื่อการศึกษาคุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญในผลิตภัณฑ์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณภาพเนื้อแพะจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อ จำนวน 9 ชิ้นส่วน คือ สันสะเอว (Loins), ขาหลัง (Hind leg), สะโพก (Chump), สันซี่โครง (Rack), ไหล่ (Shoulder), ขาหน้า (Force leg), อก (Brest), คอ (Neck), สันใน (Tenderloins) และทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของชิ้นส่วนเนื้อแพะ

การทดลองที่ 2 การพัฒนากระบวนการผลิตสเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย คือ การพัฒนากระบวนการหมักมาริเนตเนื้อแพะและการพัฒนากระบวนการขึ้นรูปสเต็กเนื้อแพะ โดยทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

การทดลองที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงด้วยวิธี Sous vide โดยทำการให้อุณหภูมิ 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส และระยะเวลาให้ความร้อน มี 3 ระดับ ได้แก่ 42 12 และ 3 นาที ตามลำดับทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4 การศึกษาคุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ พลังงาน ปริมาณสารอาหารที่ร่างกายต้องการ ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุ สารอาหารที่ต้องระวังปริมาณการบริโภค fatty acid profile และ amino acid profile

1.4 ระยะเวลาดำเนินโครงการวิจัย

2 ปี เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ต.ค. 2560 ถึง 30 ก.ย. 2562

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงคุณภาพเนื้อแพะจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อ จำนวน 9 ชิ้นส่วน ในด้านคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของชิ้นส่วนเนื้อแพะ

2. สามารถพัฒนากระบวนการหมักมาริเนตเนื้อแพะและการพัฒนากระบวนการขึ้นรูปสเต๊กเนื้อแพะ ได้อย่างน้อย 1 กระบวนการ

3. สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงด้วยวิธี Sous vide อย่างน้อย 1 วิธี

4. ทราบถึงคุณค่าทางโภชนการและฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง

5. สามารถตีพิมพ์ผลงานระดับชาติ (National Conference)

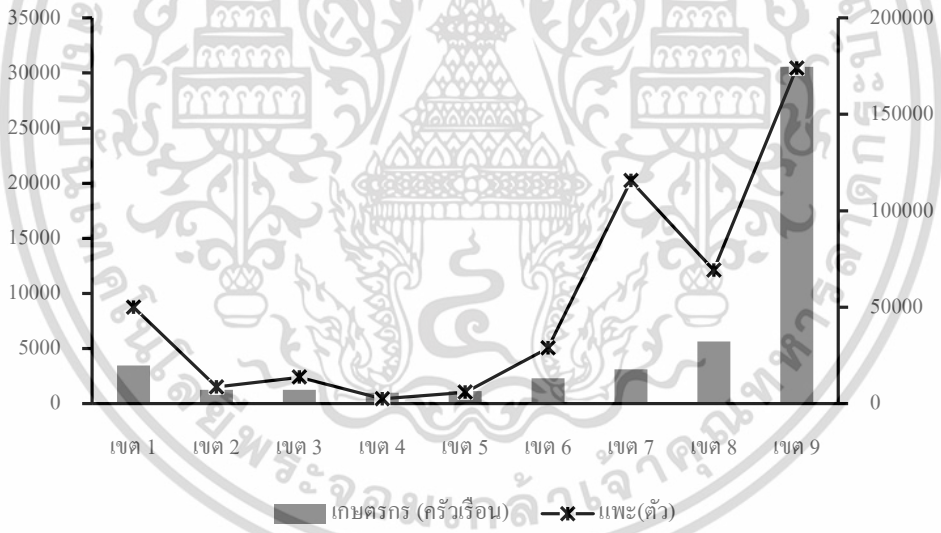
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเลี้ยงแพะในประเทศไทย

2.1.1 จำนวนเกษตรกรและแพะ

กรมปศุสัตว์ (2558) ได้รายงานจำนวนเกษตรกรและแพะในปี 2558 ว่ามีเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะทั้งหมดจำนวน 43,118 ครัวเรือน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เขต 9 จำนวน 30,550 ครัวเรือน (ร้อยละ 70.85) รองลงมาคือเขต 8 จำนวน 5,646 ครัวเรือน (ร้อยละ 13.09) และเขต 7 จำนวน 3,129 (ร้อยละ 7.26) ตามลำดับ โดยมีการเลี้ยงแพะทั้งหมดจำนวน 539,583 ตัว ซึ่งในพื้นที่เขต 9 เลี้ยงแพะมากที่สุด จำนวน 192,233 ตัว (ร้อยละ 35.63) รองลงมาคือเขต 7 จำนวน 124,224 ตัว (ร้อยละ 23.02) และเขต 8 จำนวน 79,497 ตัว (ร้อยละ 14.73) ตามลำดับ (ภาพที่ 2.1) โดยมีเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2557 จำนวน 2,759 ครัวเรือน โดยในพื้นที่เขต 9 เพิ่มขึ้นมากที่สุด จำนวน 1,976 ครัวเรือน รองลงมาคือเขต 1 จำนวน 283 ครัวเรือน และเขต 8 จำนวน 238 ครัวเรือน ตามลำดับ

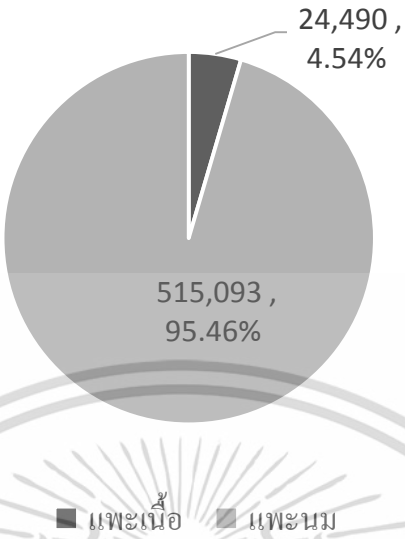


ภาพที่ 2.1 จำนวนเกษตรกรและแพะ รายเขตปศุสัตว์
ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2558)

2.1.2 ประเภทแพะ

จากแพะทั้งหมดจำนวน 539,583 ตัว จำแนกเป็นแพะเนื้อ จำนวน 515,093 ตัว (ร้อยละ 95.46) และแพะนมจำนวน 24,490 ตัว (ร้อยละ 4.54) ตามลำดับ (ภาพที่ 2) โดยแพะเนื้อส่วนใหญ่เลี้ยงในพื้นที่เขต 9 จำนวน 187,855 ตัว (ร้อยละ 36.47) รองลงมาคือ เขต 7 จำนวน 120,550 ตัว (ร้อยละ 23.40) และเขต 8 จำนวน 75,458 (ร้อยละ 14.65) ตามลำดับ (กรมปศุสัตว์. 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 จำนวนแพะจำแนกตามประเภท
ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2558)

2.2 เนื้อแพะ

เนื้อแพะเป็นเนื้อที่มีคุณภาพดี มีโปรตีนและธาตุเหล็กสูงกว่าสัตว์ชนิดอื่น มีแคลอรี่ ไขมัน และไขมันอิ่มตัวต่ำกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น เหมาะสำหรับผู้ที่สนใจดูแลสุขภาพเป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2550-2554) ความต้องการบริโภคเนื้อแพะของตลาดภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 222,389 ตัว ในปี 2546 เป็น 374,180 ตัว ในปี 2551 (กรมปศุสัตว์, 2552) ส่งผลให้ตลาดผู้บริโภค เนื้อแพะในประเทศไทยเติบโตกว่าร้อยละ 160 (สำนักงานพาณิชย์นิวซีแลนด์. 2555) ในทำนองเดียวกับตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะในกลุ่มคณะมนตรีความร่วมมือระหว่างรัฐอาหรับ (GCC: Gulf Cooperation Council) ซึ่งเป็นประเทศที่ร่ำรวย นิยมบริโภคเนื้อแพะ และยังมีความต้องการนำเข้าเนื้อแพะอีกจำนวนมาก (พิมพิดา โยธาสมุทร. 2552, ศูนย์บริการข้อมูลธุรกิจไทย-คูเวต. 2552)

แนวโน้มการบริโภคเนื้อแพะและแกะของผู้บริโภคที่มีรายได้ 10,000-30,000 บาทต่อเดือน ใน 5 จังหวัดชายแดนใต้ (ยะลา นราธิวาส ปัตตานี สงขลา และสตูล) เพิ่มขึ้น 1.52 และ 2.03 เท่า หรือคิดเป็นปริมาณ 32,759 และ 11,472.04 กิโลกรัมต่อปี ตามลำดับ ผู้บริโภคนิยมบริโภคเนื้อแพะและแกะแบบเป็นตัว มีชีวิต เพศผู้พันธุ์พื้นเมือง อายุ 2-3 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 30-50 กิโลกรัมต่อตัว โดยซื้อจากฟาร์มในท้องถิ่น ชำแหละและจำหน่ายโดยคนไทยมุสลิม เพราะเชื่อมั่นในมาตรฐานฮาลาล ความถี่ในการบริโภคเนื้อแพะเฉลี่ย 2-3 ครั้งต่อปี และเนื้อแกะเฉลี่ย 1 ครั้งต่อปี โดยปัจจัยด้านสถานที่จำหน่ายและราคา มีผลต่อการเลือกบริโภคเนื้อแพะและแกะในระดับมากและปัจจัยด้านอายุ อาชีพหลัก รายได้ครัวเรือนและการรับรู้ข้อมูลข่าวสารมีอิทธิพลต่อปริมาณการบริโภคเนื้อแกะ (ปริญญา เฉิดโฉม และคณะ. 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะ

เนื้อแพะมีโปรตีนสูง แต่ให้พลังงานต่ำ ทั้งยังมีปริมาณไขมันรวม ปริมาณไขมันอิ่มตัว และคอเลสเตอรอลน้อยกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ (ตารางที่ 2.1) ดังนั้นเนื้อแพะจึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่คำนึงถึงสุขภาพเป็นสำคัญ โดยเฉพาะเรื่องของไขมันในอาหารที่อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพตามมา เช่น โรคอ้วน หรือไขมันอุดตันในเส้นเลือด เป็นต้น นอกจากนี้เนื้อแพะยังมีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น อีกทั้งยังมีปริมาณของกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) ใกล้เคียงกับเนื้อโคและเนื้อแกะ (ตารางที่ 2.2) ดังนั้นคาดว่าเนื้อแพะน่าจะได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากในปัจจุบันนั้นผู้บริโภคคำนึงถึงสุขภาพมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของโภชนะในเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ

โภชนะ (เนื้อปรุงสุก 100 กรัม)	แพะ	ไก่	โค	หมู	แกะ
แคลอรี (กิโลแคลอรี)	143	165	208	252	290
ไขมัน (กรัม)	3.03	3.57	11.07	14.28	21.12
ไขมัน (Saturated) (กรัม)	0.93	1.01	4.07	5.25	9.08
โปรตีน (กรัม)	75	85	84	96	93
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	27.1	31	25.05	28.88	23.27
ธาตุเหล็ก (มิลลิกรัม)	3.73	1.04	1.66	1.05	1.4

ที่มา: USDA Nutrient Database for Standard Reference (2004)

2.2.2 คุณภาพเนื้อ

ลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อแพะ เฉลิมขวัญ สุขเนียม และคณะ (2552) ศึกษาถึงอิทธิพลของพันธุ์และวิธีการเลี้ยงแพะ โดยศึกษาในพันธุ์พื้นเมืองเปรียบเทียบกับลูกผสมพื้นเมืองกับแองโกลนูเบียนที่เลี้ยงแบบขังคอกตลอดเวลา โดยให้กินหญ้าอย่างเต็มที่กับแบบกึ่งขังคอกคือปล่อยในแปลงหญ้าและเข้าคอกตอนเย็น โดยทั้งสองกลุ่มได้รับอาหารข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และวิธีการเลี้ยงมีผลต่อระดับของคอเลสเตอรอล โดยพบว่าพันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองกับแองโกลนูเบียนที่เลี้ยงแบบขังคอกตลอดเวลามีปริมาณคอเลสเตอรอลมากที่สุด รองลงมาคือแพะลูกผสมพื้นเมืองกับแองโกลนูเบียนที่เลี้ยงแบบกึ่งขังคอก และแพะพื้นเมืองที่เลี้ยงแบบขังคอกตลอดเวลา ส่วนแพะพื้นเมืองที่เลี้ยงแบบกึ่งขังคอกมีระดับคอลเรสเตอรอลต่ำที่สุด ($P < 0.05$) Park *et al.* (1991) รายงานว่ากล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพกของแพะมีคอเลสเตอรอล 57.80 และ 69.50 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ Beserra *et al.* (2004) รายการเพิ่มขึ้นของคอเลสเตอรอลตามอายุของแพะโดยพบว่าแพะที่อายุ 4-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดือน มีปริมาณคอเลสเตอรอล 20.5-28.5 มก./100 กรัม แต่ที่อายุมากขึ้นมีปริมาณคอเลสเตอรอล 52-74 มิลลิกรัม/100 กรัม รายงานผลการศึกษาปริมาณคอลลาเจนในเนื้อแพะของเฉลิมขวัญ สุขเนียม และคณะ (2552) ระบุว่าแพะพื้นเมืองมีปริมาณคอลลาเจนสูงกว่าลูกผสมพื้นเมืองกับแองโกลนูเบียนในขณะเดียวกันก็มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าด้วย ปริมาณโภชนะนั้นพบว่าการเลี้ยงแบบขังคอกตลอดเวลา เนื้อสันนอกแพะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นและโปรตีนสูงกว่าแบบกึ่งขังคอก ($P<0.05$) แพะลูกผสมพื้นเมืองกับแองโกลนูเบียนมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อสันนอกสูงกว่าแพะพื้นเมือง ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังรายงานว่าปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จัดว่าดีต่อสุขภาพโดยเฉพาะลิโนเลอิก (C18:2) นั้นพบว่ามีในแพะพันธุ์พื้นเมืองสูงกว่าแพะลูกผสม และยังพบว่าการเลี้ยงแบบขังคอกตลอดเวลามีลิโนเลอิกมากกว่าการแบบกึ่งขังคอก รวมทั้งพบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการเลี้ยงและพันธุ์แพะอีกด้วย ($P < 0.05$) Casey (1992) รายงานว่าเนื้อแพะมีปริมาณคอลลาเจน 5 มิลลิกรัม/กรัม เนื้อแพะมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้อยู่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด

ตารางที่ 2.2 ปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ

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	0.552	0.554	0.513
Lysine	0.245	0.274	0.239
Methionine	0.715	0.84	0.814
Cystine	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

ที่มา: USDA Nutrient Database for Standard Reference (2010)

2.2.3 การตลาดเนื้อแพะ

ตลาดแพะเนื้อในปัจจุบันของไทยเป็นตลาดผู้ขายมากราย มีผู้ผลิตเป็นจำนวนมาก แต่ก็มีน้อยกว่าความต้องการของผู้บริโภค ทำให้แพะเนื้อมีราคาสูง โดยราคาของแพะเนื้อได้มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามอุปสงค์ของตลาดในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งพ่อค้าแพะเป็นผู้กำหนดราคาแพะมีชีวิต ส่วนราคาเนื้อแพะชำแหละก็มีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนตามราคาของแพะมีชีวิต แต่แพะที่จะขายแก่ผู้ที่นำไปทำเป็นพ่อแม่พันธุ์ หรือ

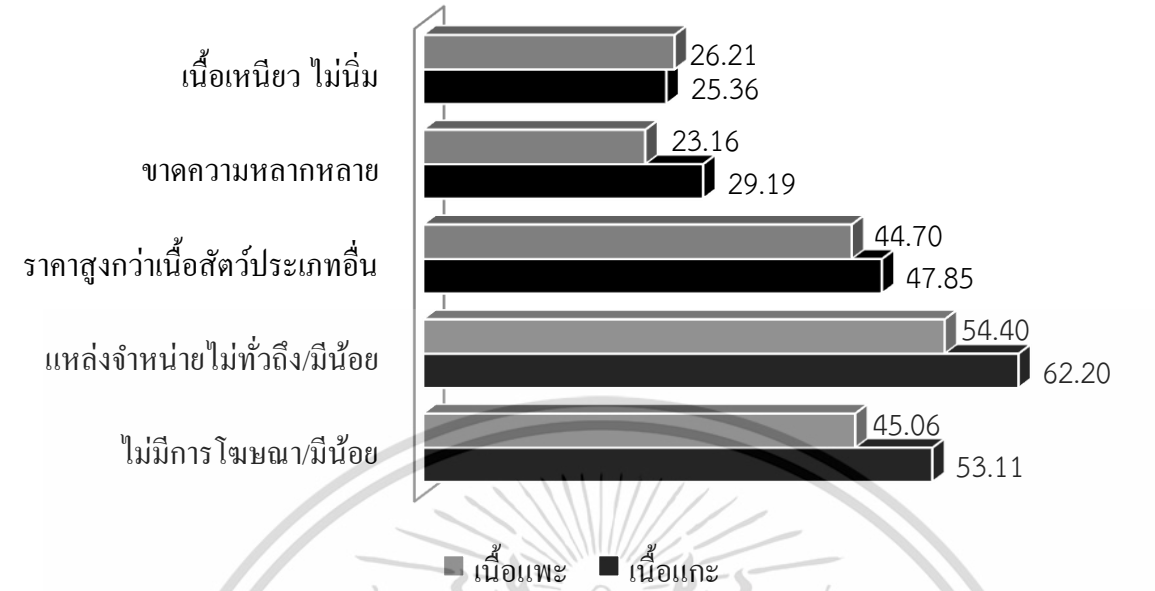
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปใช้ประกอบพิธีกรรมเฉพาะ ก็จะตั้งราคาสูงกว่าแพะเนื้อทั่วไป โดยผู้บริโภคแพะเนื้อส่วนใหญ่เป็นผู้ที่นับถือศาสนาอิสลาม ที่มีวัฒนธรรมและความผูกพันกับแพะมานาน ทำให้ความต้องการเนื้อแพะจึงมักกระจายอยู่ในพื้นที่ที่มีชาวไทยมุสลิมมาก โดยเฉพาะช่วงเดือนที่มีพิธีกรรมทางศาสนาและฤดูกาลท่องเที่ยวจะมีความต้องการบริโภคแพะเนื้อมาก ผู้บริโภคแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะความต้องการเนื้อแพะแตกต่างกัน คือ ผู้บริโภคที่เป็นชาวไทยมุสลิมในภาคใต้ คนจีน และคนพม่า นิยมบริโภคแพะทั้งหนัง โดยวิธีการขูดหรือเผาขน ขณะที่ผู้บริโภคชาวไทยบางส่วนและชาวตะวันออกกลาง นิยมบริโภคเนื้อแพะแบบถลกหนัง โดยเนื้อแพะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหารได้หลากหลาย เช่น ข้าวหมกแพะ ข้าวอบเนื้อแพะ แกงมัสมั่นแพะ คั่วกลิ้งเนื้อแพะ และซุปเนื้อแพะ เป็นต้น ส่วนวิถีการตลาดแพะเนื้อมีผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทางการตลาดจากผู้เลี้ยงแพะ เกษตรกรถึงผู้บริโภคแพะเนื้อ ประกอบด้วย (1) พ่อค้ารวบรวมแพะเนื้อมีชีวิต (2) พ่อค้าขายปลีกแพะเนื้อมีชีวิต (3) พ่อค้าขายปลีกเนื้อแพะชำแหละ วิถีการตลาดเริ่มจากเกษตรกรทั่วไปที่เลี้ยงแพะเนื้อมีชีวิต ได้ขายแพะเนื้อมีชีวิตผ่าน 4 ช่องทาง คือ (1) ขายให้เกษตรกรด้วยกันเองเพื่อไปขยายพันธุ์หรือขุนต่อ (2) ขายให้กับผู้บริโภคโดยตรง (3) ขายให้พ่อค้าขายปลีกเนื้อแพะชำแหละ และ (4) ขายให้กับพ่อค้ารวบรวมในท้องถิ่นหรือพ่อค้ารวบรวมในท้องที่ พ่อค้าที่ได้แพะมาจากการรับซื้อของเกษตรกรในหมู่บ้าน ได้ทำการรวบรวมแพะเนื้อมีชีวิตเพื่อขายต่อให้กับผู้บริโภค เกษตรกร และพ่อค้าขายปลีกเนื้อแพะชำแหละต่อไป ส่วนแพะชำแหละได้ขายต่อให้กับร้านอาหาร ภัตตาคาร และโรงแรม เพื่อปรุงอาหารให้แก่นักท่องเที่ยวชาวต่างประเทศที่นิยมบริโภคเนื้อแพะ (ชูตา แก้วละเอียด. 2558)

2.2.4 ปัญหาอุปสรรคในการบริโภคเนื้อแพะ

ผู้บริโภคเนื้อแพะและแกะส่วนใหญ่ประสบปัญหาด้านแหล่งจำหน่ายมากที่สุดคือ แหล่งจำหน่ายมีน้อย และความไม่ทั่วถึงของแหล่งจำหน่าย รองลงมาคือ ปัญหาด้านราคาเนื้อแพะและแกะที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับราคาเนื้อสัตว์ประเภทอื่น เช่น เนื้อโค ปัญหาด้านการโฆษณาประชาสัมพันธ์การให้ข้อมูลทางโภชนาการเกี่ยวกับเนื้อแพะและแกะยังมีน้อย ปัญหาด้านผลิตภัณฑ์เนื้อแพะและแกะไม่มีความหลากหลาย และปัญหาเนื้อแพะและแกะที่ค่อนข้างเหนียว ไม่นิ่ม (ภาพที่ 2.3) (ปริญญา เฉิดโฉม และคณะ, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 ปัญหาและอุปสรรคของการบริโภคเนื้อแพะและแกะ
ที่มา: ปริญญา เฉิดโฉม และคณะ (2558)

2.3 ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปใหม่

เนื้อขึ้นรูปใหม่ (restructured meat) เป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อที่ผลิตได้จากการนำชิ้นเนื้อขนาดเล็กเพียงบาง ส่วนหรือทั้งหมดและเศษชิ้นเนื้อที่เหลือจากการตัดแต่งมาผ่านกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ การตีนวดหรือการผสม การอัดหรือการขึ้นรูป ทำให้ชิ้นเนื้อเหล่านั้นเกิดการยึดเกาะเข้าด้วยกันได้เป็นก้อนเนื้อใหม่ที่มีขนาดและรูปร่างตามแบบของพิมพ์ (Pearson and Gillet. 1996) โดยผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปที่ดีจะต้องคงรูปได้ดี มีการเกาะกันระหว่างชิ้นเนื้อทั้งหมดเป็นก้อนเดียวกัน เมื่อหั่นหรือตัดชิ้นเนื้อจะต้องไม่แยกตัวหลุดออกมาและมีเนื้อสัมผัสคล้ายคลึงกัน (ขวัญสุดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2547) เนื้อสัตว์ที่นำมาผลิตเป็นเนื้อขึ้นรูปนั้นได้จากสัตว์ปีก วัว หมู แพะและแกะ จึงทำให้เนื้อขึ้นรูปที่ผลิตขึ้นมามีชื่อเรียกต่างๆ กันออกไปตามชนิดของเนื้อสัตว์ที่นำมาผลิต (นันทโรจน์ เขื่อนแก้ว. 2535) การผลิตเนื้อขึ้นรูปใหม่เป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเนื้อที่เหลือจากการตัดแต่งหรือจากการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ นอกจากนี้ยังได้เนื้อที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากสามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวให้มีเนื้อสัมผัสนุ่ม ชุ่มน้ำ รสชาติดี น่ารับประทาน และปรับปริมาณส่วนผสมในส่วนที่เป็นเนื้อไขมันและอื่นๆได้หรือแม้แต่เสริมธาตุอาหารลงไปก็ทำได้เช่นกัน ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปแปรรูปตามความต้องการของผู้บริโภคต่อไป ตัวอย่างเนื้อขึ้นรูปใหม่ เช่น เนื้อสเต็ก เนื้ออบ และเนื้อย่าง เป็นต้น เนื้อคืนรูปยังรวมผลิตภัณฑ์เนื้อที่มีการตัดและขึ้นรูปใหม่ (Pearson and Tauber. 1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ประเภทของเนื้อขึ้นรูปใหม่

การผลิตเนื้อขึ้นรูปใหม่ในระดับอุตสาหกรรมสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท ตามขนาดของชิ้นเนื้อ (Pearson and Gillet. 1996)

2.3.1.1 การผลิตจากชิ้นเนื้อแผ่นขนาดเล็ก (Flaking and forming)

การผลิตจากชิ้นเนื้อแผ่นขนาดเล็กเป็นการผลิตโดยนำชิ้นเนื้อมาผ่านเครื่องสไลด์ (slicing machine) หรือเครื่องหั่นแบบแผ่น (flaking machine) อุณหภูมิในการลดขนาดเป็นสิ่งสำคัญมาก ชิ้นเนื้อจะต้องมีลักษณะเย็นจัดคล้ายหิมะ(particle similar to snow) ในกรณีที่อุณหภูมิของชิ้นเนื้อสูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อนำไปลดขนาดชิ้นเนื้อจะยังคงเป็นแผ่น(flake) แต่จะต้องใช้ระยะเวลาในการผสมนานขึ้น เพื่อให้เกิดการเกาะรวมตัวกันได้ดี แต่ถ้าชิ้นเนื้อมีอุณหภูมิสูงเกินไป ชิ้นเนื้อจะไม่สามารถผ่านเครื่องลดขนาดออกมาได้ เนื่องจากจะเกาะเป็นก้อนของเหลวเละ (mushy mass) ที่หัวตัดซึ่งเมื่อนำไปปรุงอาหารจะทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายยาง(rubbery) โดย Army Natick Laboratory ได้แนะนำว่าอุณหภูมิของชิ้นเนื้อที่เหมาะสม ควรจะอยู่ที่ -4 ถึง 4 องศาเซลเซียส เมื่อได้ขนาดชิ้นตามต้องการแล้วให้นำมาผสมกับเกลือและฟอสเฟต การผสมเป็นการสกัดโปรตีนกล้ามเนื้อและทำให้ชิ้นเนื้อแต่ละชิ้นเกิดการยึดเกาะตัวกัน นำของผสมที่ได้อัดใส่ถุงพลาสติกขนาดที่เหมาะสมภายใต้ระบบสุญญากาศ จากนั้นนำไปแช่แข็งและทำให้อ่อนตัวลง (tempered) นำก้อนเนื้อที่อ่อนตัวแล้วไปอัดและขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดระบบไฮโดรลิก (hydraulic meat press) จากนั้นนำไปสไลด์ให้ได้ขนาดตามต้องการ ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปที่ได้จากกรรมวิธีนี้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสระหว่างเนื้อบด(ground meat) และเนื้อก้อน (intact meat cut) มีข้อดีคือเป็นวิธีที่มีต้นทุนต่ำกว่าวิธีอื่น มีเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสคล้ายชิ้นเนื้อปกติ ซึ่งอยู่ระหว่างเนื้อบดและเนื้อชิ้น เนื่องจากสามารถนำเศษเนื้อที่เหลือจากการตัดแต่งมาผลิตได้ แต่กรรมวิธีนี้ต้องใช้แรงงานจำนวนมากและเครื่องมือที่ใช้มีราคาค่อนข้างสูง และเกิดปัญหาการเกิดออโตออกซิเดชัน (auto oxidation) อีกด้วย ซึ่งสามารถก็ปัญหานี้ได้โดยการป้องกันการสัมผัสกับออกซิเจนหรืออากาศในระหว่างกระบวนการผลิตหรือการเติมสารต้านการออกซิเดชัน

2.3.1.2 การผลิตจากเนื้อชิ้นหยาบ (Chunking and forming)

เนื้อชิ้นหยาบได้จากการนำชิ้นเนื้อมาผ่านเครื่องบด (grinder) เครื่องหั่นแบบลูกเต๋า (dicer) เครื่องสับผสม (silent cutter) หรือเครื่องมืออื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยชิ้นเนื้อที่ได้จะมีขนาดไม่เกิน 1.5 ลูกบาศก์นิ้ว อุณหภูมิของชิ้นเนื้ออยู่ที่ 4-10 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้เนื้อชิ้นหยาบที่มีคุณภาพ เนื้อชิ้นหยาบที่ผลิตจากเครื่องบดจะมีพื้นผิวที่ค่อนข้างขรุขระ เมื่อเทียบกับเนื้อชิ้นที่ได้จากเครื่องหั่นแบบลูกเต๋า การที่ชิ้นเนื้อมีพื้นผิวแบบขรุขระนี้จะทำให้ชิ้นเนื้อเชื่อมต่อกันได้ดีในระหว่างการผสม เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีลักษณะเกาะตัวกันดีไม่หลุดแยกตัวออกจากกัน การขึ้นรูปทำได้โดยอัดใส่ในไส้หรือแม่แบบ (meat logs) หลังจากที่อัดเสร็จแล้วนำไปแช่แข็งทันที ก้อนเนื้อที่ได้จะต้องนำมาทำให้อ่อนตัวก่อนการสไลด์ สไลด์ให้มีความหนาตามต้องการด้วยมีดหรือเครื่องสไลด์ นอกจากนี้การขึ้นรูปอาจใช้เครื่องขึ้นรูปแพตตี้ (patty formers) จากนั้นนำไปแช่แข็งและเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปจากเนื้อชิ้นหยาบ มีข้อดีตรงที่ยังคงมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะโครงสร้างและเนื้อสัมผัสเหมือนเนื้อก้อน แต่ในการตัดแต่งจะต้องกำจัดเอ็น เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และไขมันออก เนื่องจากจะมีผลต่อผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยทั่วไปสิ่งที่ต้องระวังในการผลิตเนื้อขึ้นรูป คือ ขั้นตอนของการผสม หากระยะเวลาในการผสมน้อยเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะสูญเสียเนื้อสัมผัสและยึดเกาะกันได้ไม่ดี ในทางตรงข้ามหากใช้ระยะเวลาในการผสมนานเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสเหนียวคล้ายยางและไม่เป็นที่ยอมรับ ผลิตภัณฑ์เนื้อคืนรูปชนิดนี้มี 2 แบบ คือ แบบหมักซึ่งได้แก่ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปแท่งสี่เหลี่ยมยาว (meat loaves) และแบบสด ซึ่งจะขึ้นรูปโดยอัดใส่ไส้เทียมหรือแม่พิมพ์แล้วแช่เยือกแข็งทันทีหลักจากนั้นบ่ม แล้วหั่นเป็นชิ้นที่มีความหนาตามต้องการ แช่เยือกแข็งอีกครั้งและเก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ข้อเสียของกรรมวิธีการนี้คือ สามารถเกิดออโตออกซิเดชันได้ หากไม่มีการเติมไนเตรทหรือไนไตรท์ การเติมสารต้านการออกซิเดชันในระหว่างกระบวนการผลิตจะช่วยป้องกันการออกซิเดชันได้

2.3.1.3 การผลิตจากเนื้อที่ฉีกเป็นเส้นใย (Tearing and forming)

กรรมวิธีการผลิตด้วยวิธีนี้ต้องใช้เครื่องมือในการฉีกเนื้อให้เป็นเส้นใย แล้วจึงทำการผลิตต่อไปเหมือน การผลิตจากเนื้อชิ้นหยาบและชิ้นเนื้อแผ่นขนาดเล็ก แต่ไม่ได้รับความนิยมมากนัก เนื่องจากการออกแบบเครื่องมือให้เหมาะสมกับการฉีกเนื้อนั้นค้อนข้างยาก แต่มีข้อดีคือ ผนังเซลล์ถูกทำลายน้อยทำให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องการออกซิเดชันได้น้อยกว่า นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเนื้อทั้งก้อนมาก

2.3.1.4 การผลิตจากเนื้อทั้งก้อน (Sectioning and forming)

การผลิตเนื้อขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะแตกต่างจากวิธีผลิตทั้ง 3 วิธีที่กล่าวมา เนื่องจากไม่มีขั้นตอนการลดขนาดของชิ้นเนื้อเป็นการใช้เนื้อทั้งก้อนมาทำการผลิตโดยตรง วิธีนี้ประกอบด้วยการคัดเลือก ตกแต่งชิ้นเนื้อ ตัดไขมัน เอ็น และพังผืดออก หมักด้วยสารเคมีที่ต้องการหลังจากนั้นนำไปนวดในสภาวะที่มีอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม อัดใส่พิมพ์ให้ได้ลักษณะและขนาดที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะยังคงมีลักษณะปรากฏและเหมือนสัมผัสเหมือนเนื้อทั้งก้อน

2.3.2 วิธีการผลิตเนื้อขึ้นรูปใหม่

การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปใหม่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดเจล ซึ่งการเกิดเจลนั้นสามารถเกิดได้จากกระบวนการทางความร้อน (thermally-set) หรือกระบวนการทางเคมี (chemically-set) ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปโดยทั่วไปจะยึดจับกันด้วยความร้อนผ่านทางโปรตีนไมโอไฟบริล (myofibril) ซึ่งสกัดได้จากโปรตีนเนื้อสัตว์เมื่อมีเกลือ ฟอสเฟต และแรงทางกลร่วมด้วย (Boles and Shand. 1998) ซึ่งกระบวนการนี้ผลิตภัณฑ์จะต้องขายในลักษณะกึ่งสุก (precooked) สุก และแช่แข็งเท่านั้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดิบ (raw state) ยึดเกาะไม่แข็งแรง สำหรับกระบวนการยึดเกาะกันทางเคมี ผลิตภัณฑ์สามารถขายในรูปของเนื้อแช่เย็นหรือเนื้อดิบได้และมีคุณสมบัติด้านการบริโภคคล้ายเนื้อทั้งก้อน (Means and Schmidt. 1986) โดยทั้ง 2 กระบวนการนี้มีกลไกและชนิดของสารยึดเกาะ (binders) แตกต่างกันออกไป การผลิตเนื้อขึ้นรูปเพื่อให้ได้เนื้อก้อนใหม่ที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพตรงตามความต้องการมีขั้นตอนต่างอยู่ 4 ขั้นคือ การเตรียมวัตถุดิบ การตีนวดหรือการผสม การขึ้นรูป และการบรรจุแช่แข็ง

2.3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ (Raw material preparation)

เนื้อสัตว์ที่นิยมใช้ในการผลิตเนื้อขึ้นรูปใหม่เป็นเนื้อที่มีคุณภาพปานกลางหรือเนื้อที่มีขนาดเล็กจากการตัดแต่งซาก ตัดแต่งเอ็น กระดูกอ่อน ต่อมไขมัน และเนื้อพังผืดที่มากเกินทิ้งไป (Pearson and Tauber. 1984) เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีต้องมีเนื้อแน่น ผิวแห้ง สีชมพูแดง ไม่มีน้ำเยิ้ม มีไขมันแทรกอยู่บ้าง ไม่มีลักษณะซีดอ่อนนุ่ม มีเนื้อพังผืดร้อยละ 5 และไม่ควรมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เนื่องจากในกระบวนการผลิตเนื้อขึ้นรูปใหม่จะมีขั้นตอนการนวดผสม หากมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียจะมีโอกาสที่จะเกิดการเน่าเสียของเนื้อมากขึ้น หรือแม้แต่เนื้อที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูงก็ไม่ควรมาใช้ในการผลิต เพราะเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะขัดขวางการสกัดไมโอซินและโปรตีนไมโอฟิบริลลาอื่นๆ นอกจากนี้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันยังมีคุณสมบัติในการยึดเกาะต่ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียการยึดเกาะกันหลังจากการแปรรูป เนื้อที่นำมาขึ้นรูปควรจะมีปริมาณไขมันต่ำด้วยเช่นกัน เพราะไขมันจะทำให้สกัดโปรตีนได้น้อยลง เนื่องจากไขมันจะลดความสามารถในการยึดเกาะกันของผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปลง การบด การสไลด์ การหั่นเป็นลูกเต๋า การหั่นเป็นแผ่น ล้วนแล้วแต่เป็นการลดขนาดทั้งสิ้น เนื้อขนาดใหญ่สามารถหั่นให้เป็นชิ้นหยาบเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการสกัดโปรตีนไมโอซินและทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายยึดเกาะกันได้ดี (Pearson and Gillet. 1996; รัดใจ ปคุณพูลสิน. 2557) การลดขนาดของชิ้นเนื้อ ทำได้โดยการบดผ่านเครื่องบดเนื้อชนิดหยาบ การหั่นเป็นแผ่น หรือการบดผ่านเครื่องบด วิธีหลังนี้ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวซึ่งจำเป็นสำหรับการสกัดไมโอซินและช่วยให้มีการเชื่อมชิ้นเนื้อได้ดีขึ้น ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาในสเต๊กเนื้อหมูคืนรูปซึ่งพบว่าเนื้อชิ้นใหญ่ทำให้การยึดติดของสเต๊กลดลง แต่ขนาดของชิ้นเนื้อในช่วง 3.0-12.7 มิลลิเมตร ไม่มีผลต่อคุณภาพของสเต๊กเนื้อหมูคืนรูปที่ผลิตได้ในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำ ความฉ่ำ กลิ่นรส ลักษณะปรากฏรวม และความคล้ายคลึงสเต๊กที่ผลิตจากเนื้อ (Pearson and Tauber. 1984)

2.3.2.2 วัตถุเจือปนอาหาร (Food additive)

1) เกลือ (Salt)

เกลือที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป และเป็นเพียงชนิดเดียวที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ทุกชนิด เนื่องจากเกลือชนิดอื่นๆจะทำให้เกิดพิษและกลิ่นรสที่ผิดปกติซึ่งปริมาณการใช้จะถูกกำหนดด้วยรสชาติและกลิ่นรส โดยทั่วไปถ้าทำการผลิตเนื้อขึ้นรูปจากชิ้นขนาดเล็กจะใช้เกลือปริมาณร้อยละ 3 แต่ถ้าผลิตจากเนื้อทั้งก้อนจะใช้เกลือในปริมาณ 2.5-3.5 การผลิตโดยใช้ชิ้นเนื้อขนาดเล็กและเนื้อชิ้นหยาบ สามารถเติมเกลือได้โดยตรง แต่ถ้าใช้เนื้อทั้งก้อนต้องละลายเกลือในน้ำก่อนแล้วฉีดเข้าชิ้นเนื้อ โดยเกลือจะเพิ่มการสกัดโปรตีนโครงสร้าง ลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และช่วยปรับปรุงกลิ่นรสให้แก่ผลิตภัณฑ์ (รัดใจ ปคุณพูลสิน. 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สารช่วยยึดเกาะ (Binders)

สารช่วยยึดเกาะทำหน้าที่เสมือนกาวที่เชื่อมชิ้นเนื้อเข้าด้วยกัน การเติมสารช่วยยึดเกาะที่อุณหภูมิสูง เพื่อช่วยด้านเนื้อสัมผัสและเพื่อรักษาความคงตัวของน้ำและอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่สารช่วยยึดเกาะหลักในการเกิดเจลด้วยความร้อนยังคงเป็นโปรตีนกล้ามเนื้อ ส่วนสารช่วยยึดเกาะที่อุณหภูมิต่ำ เช่น อัลจิเนต เอนไซม์ครอสลิงค์ (cross-linking enzyme) การเติมสารช่วยยึดเกาะที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ผลิตภัณฑ์ดิบมีคุณลักษณะทางการบริโภคเนื้อทั้งก้อน สารช่วยยึดเกาะจะเติมในขั้นตอนการผสมในรูปของผงหรือของเหลวก็ได้ โดยสารช่วยยึดเกาะที่มีการศึกษากันสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มคือ โปรตีนจากเนื้อสัตว์ (meat protein) โปรตีนที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ (non meat protein) สารในกลุ่มพอลิแซกคาไรด์ (polysaccharide) และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (transglutaminase) (รัดใจ ปคุณพูลสิน. 2557)

2.1) โปรตีนจากเนื้อสัตว์ (Meat protein) เป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารช่วยยึดเกาะในผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปที่ดีที่สุด ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะอยู่ในส่วนของโปรตีนกล้ามเนื้อ ได้แก่ myosin, actomyosin และ actin โดยโปรตีนเหล่านี้สามารถละลายน้ำได้ในสารละลายเกลือ โปรตีนที่ช่วยยึดเกาะที่ดีที่สุดคือ ไมโอซิน ซึ่งเมื่อผ่านความร้อนจะเกิดเป็นเจลและเจลที่ได้มีความคงตัว ทำให้ชิ้นเนื้อยึดติดกันแน่น โปรตีนเนื้อที่ละลายน้ำและกระจายอยู่ในส่วนของของเหลวต่อเนื่องของอิมัลชัน ของเนื้อประกอบด้วยโปรตีน 2 ชนิด คือ ไมโอไฟบริลาโปรตีน (myofibrillar protein) และซาร์โคพลาสมิกโปรตีน (sarcoplasmic protein) ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายอิงเอเจน (emulsifying agent) โดยล้อมรอบผิวของอนุภาคไขมันซึ่งอยู่ในส่วนที่กระจาย ทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนดังกล่าว เกิดเป็นเส้นใยตาข่ายโปรตีน 3 มิติ อุ้มอนุภาคไขมันและอุ้มน้ำไว้ด้วยแรงคะบิลลารี (capillary force) ทำให้เกิดความคงตัวของอิมัลชันได้ตลอดไป ทั้งนี้พบว่าไมโอไฟบริลาโปรตีนมีประสิทธิภาพในการเป็นอิมัลซิฟายอิงเอเจนได้ดีกว่าซาร์โคพลาสมิกโปรตีน และในอิมัลชันของไส้กรอกที่ประกอบด้วยเกลือร้อยละ 2.5-3.0 (0.5-0.6 N NaCl) หรือทำการผสมภายใต้สุญญากาศทำให้เกิดการสกัดและการละลายของไมโอไฟบริลาโปรตีนได้ดีขึ้น และมีความสามารถในการอุ้มอนุภาคไขมันเพิ่มขึ้น โดยในสภาวะที่มีเกลือ ไมโอซินมีความสามารถในการเชื่อมชิ้นเนื้อได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับโปรตีนเนื้ออีก 2 ชนิดคือ แอกโทไมโอซิน และซาร์โคพลาสมิกโปรตีน ซึ่งโปรตีนชนิดหลังนี้จะลดความสามารถในการเชื่อมชิ้นเนื้อของไมโอซินลงในสภาวะที่มีเกลือแต่สามารถส่งเสริมความสามารถของไมโอซินในสภาวะที่ไม่มีเกลือได้ โดยการถ่ายทอดประจุให้ไมโอซินในลักษณะเดียวกับเกลือ ไมโอซินเป็นโปรตีนเพียงชนิดเดียวที่สามารถสร้างเจลแข็งแรง เมื่อผ่านความร้อน แต่แอกซิน ก็มีส่วนสำคัญในการพัฒนาคุรสมบัติการยืดหยุ่นในอิมัลชันของไส้กรอกด้วย ซาร์โคพลาสมิกโปรตีนสามารถทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายอิงเอเจนได้โดยการสร้างแผ่นฟิล์มบางๆ ที่ผิวของน้ำและไขมัน แต่คุณสมบัติในการเกิดเจลเมื่อได้รับความร้อนมีน้อย สำหรับคอลลาเจนสามารถเชื่อมน้ำในระบบของอิมัลชันได้ แต่เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการหดตัวและบางส่วนเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพไปเป็นเจลาติน ทำให้ไม่สามรถเชื่อมอนุภาคไขมัน แต่ยังคงเชื่อมน้ำได้ เนื้อที่มีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและไขมันมากมีความสามารถในการเชื่อมตัวน้อย (Trout and Schmaidt. 1987)

2.2) โปรตีนที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ (Non meat protein) เช่น กลูเตนจากแป้งสาลี นมผงพร่องไขมัน นมผงพร่องไขมันแคลเซียมต่ำ หางนมผง และโซเดียมเคซิเนต นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ได้แก่ แป้งถั่วเหลือง เกล็ดถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และโปรตีนจากไข่ขาว สำหรับสารคงตัวนิยมใช้ในไส้กรอก มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำมาก ได้แก่ ได้แก่ อัลชิเนต (alginate) กัมอราบริก (gum arabic) และกัมทรากาคนท์ (gum tragacanth) โปรตีนเหล่านี้มีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับโปรตีนของเนื้อสัตว์และเกิดปฏิกิริยากันเองได้ ทำให้ได้โครงร่างของโปรตีนที่แข็งแรง ความร้อนที่จะทำให้เกิดเจลของโปรตีนที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ ต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ จุดประสงค์ในการใช้สารอื่นที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์มีหลายประการได้แก่ เพื่อการปรับปรุงความคงตัวของอิมัลชัน เพื่อปรับปรุงการเชื่อมตัวของไขมัน เพื่อเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีน เพื่อปรับปรุงผลผลิตเมื่อสุก เพื่อให้สะดวกต่อการหั่นเป็นชิ้น เพื่อปรับปรุงกลิ่นรส และเพื่อลดต้นทุนการผลิต โปรตีนที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์จึงหมายถึงสารที่มีคุณสมบัติในการเชื่อมตัวกับน้ำและไขมันให้เกิดความคงตัวของอิมัลชันได้ สารในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์เป็นโปรตีนที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาแทนที่โปรตีนจากเนื้อสัตว์ เพื่อต้องการลดปริมาณการใช้เกลือลง เช่น อัลจิเนต (alginates) และแคปปาคาราจีแนน (Κ-carrageenanan) USDA อนุญาตให้ใช้สารอื่นที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์กลุ่มนี้ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือใช้ร่วมกัน ในปริมาณร้อยละ3.5 ได้แก่ ธัญพืชแป้ง แป้งจากผัก แป้งจากถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองสกัดให้ใช้ได้เพียงร้อยละ 2 การใช้สารทั้ง 2 กลุ่มในปริมาณที่มากกว่าที่กำหนด ต้องบอกกำกับไว้ในฉลากสำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปแท่งสี่เหลี่ยมยาว มี 2 ชนิด ได้แก่ชนิดธรรมดา ซึ่งถูกจำกัดปริมาณการใช้สารเสริมเนื้อและชนิดพิเศษ (luxury loaves) ที่ไม่ถูกจำกัดปริมาณการใช้สารเสริมเนื้อสัตว์ (Pearson and Tauber. 1984)

2.3) สารในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) อัลจินและแคลเซียมเจล มีการใช้อัลจิเนตเป็นไฮโดรคอลลอยด์ชนิดหนึ่งเป็นสารคงตัวและช่วยเพิ่มการไหลของโซล (sol) ในอาหาร ไฮโรคอลลอยด์มีคุณสมบัติในการเกิดเจลในอาหารทั่วไป (Rees and Welsh, 1977) และยังสามารถดูดซับน้ำได้มาก (Glicksman, 1982) อัลจินแตกต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น ตรงที่สามารถชักนำให้เกิดเจลได้โดยคุณสมบัติทางเคมีมากกว่าการใช้ความร้อน อัลจินเกิดขึ้นได้โดยการยึดเกาะตัวภายในระหว่างอนุมูลที่มีประจุบวก ยกเว้นแมกนีเซียมกับโมเลกุลของโพลีแซคคาไรด์ ในส่วนของกรดกูลูโรนิก (guluronic acid) (Rees and Welsh. 1977) เจลของอัลจินและแคลเซียม และโปรตีนในกล้ามเนื้อทำปฏิกิริยากันด้วยแรงไฟฟ้าสถิต (electrostatic force) (Bernal *et al*. 1987) นอกจากนี้แคลเซียมและอัลจินยังทำให้เกิดสภาพการเรียงตัวใหม่ของแอกตินและไมโอโกลบิน (myoglobin) เมื่อผ่านความร้อนแล้ว (Ensor *et al*. 1989; 1991) แคลเซียมดีกว่าอนุมูลที่มีประจุบวกชนิดอื่นเนื่องจากมีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับอัลจิน และนิยมใช้เป็นแหล่งของประจุบวกในวงการอาหารโดยทั่วไป อัลจินมีคุณสมบัติใน

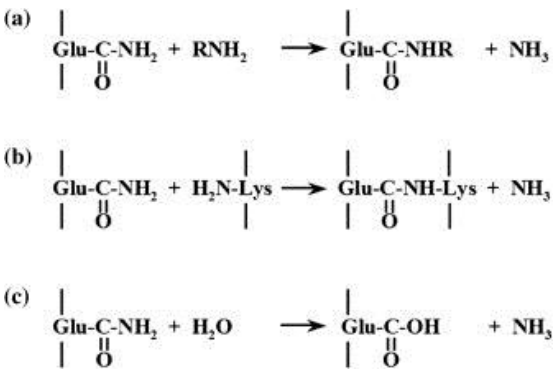
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดเจล โดยสามารถทำปฏิกิริยากับเกลือแคลเซียมเกิดเจลอย่างรวดเร็ว ใช้เป็นสารเชื่อมในผลิตภัณฑ์เนื้อบดได้ดีทั้งในสภาพสดที่เก็บในอุณหภูมิตู้เย็นและสภาพสุกได้ (Sanderson, 1981)

2.4) เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (Transglutaminase) Gaspar *et al*. (2015) กล่าวว่าโปรตีนเป็นวัตถุดิบหลักในการแปรรูปอาหารและผลิตภัณฑ์ที่สามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติทางเทคโนโลยีและโมเลกุลอาหารได้ เนื่องจากการทำงานที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการปรับเปลี่ยนทางเคมีหรือวิธีทางกายภาพหรือ enzymatic เป็นทางเลือกสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติการทำงานใหม่ ซึ่งเอนไซม์ของจุลินทรีย์ทรานส์กลูตามิเนส (MTGase; protein-glutamine gamma-glutamyltransferase, EC 2.3.2.13) เป็นทางเลือกที่มีแนวโน้มช่วยเร่งปฏิกิริยาการถ่ายโอนหมู่ acyl การแยกตัวของหมู่อะมิโนและการเชื่อมต่อพอลิเมอร์ระหว่างโปรตีนภายในหรือห่วงโซ่กลูตามีน (acyl donor) ไลซีน (acyl acceptor) และพันธะเปปไทด์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในอาหาร ซึ่งนำไปสู่เนื้อสัมผัสที่ดีขึ้นและมีคุณสมบัติในการเกิดอิมัลชัน การเกิดเจล และการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นโดยไม่ต้องเปลี่ยนค่า pH สี รสหรือคุณค่าทางโภชนาการ

2.4.1) หน้าที่หลักของ MTGase การปรับโครงสร้างของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ โดยเอนไซม์ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเสถียรภาพและสมบัติเชิงกล (เนื้อสัมผัส) ที่ดีขึ้นและลดการสูญเสียโครงสร้างระหว่างการปรุงอาหาร และในเชิงพาณิชย์มีการผลิตเอนไซม์ MTGase โดยการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ Streptoverticillium moboarense เอนไซม์นี้จะทำงานในช่วง pH และอุณหภูมิค่อนข้างกว้าง (pH 5.0-8.0, อุณหภูมิที่เหมาะสม 50 องศาเซลเซียส แต่มีฤทธิ์ระหว่าง 40 ถึง 70 องศาเซลเซียส) ไม่จำเป็นต้องมีการกระตุ้นจาก Ca^{2+} และ cofactors เอนไซม์ MTGase ได้รับการยอมรับว่าเป็นสารที่ปลอดภัยสำหรับการกลืนกินของมนุษย์และเป็นสาร GRAS โดย FDA (Food and Drugs Administration) กฎหมายบราซิลอนุญาตให้ใช้จุลินทรีย์ทรานกลูตามิเนส ในอาหารโดยไม่มีข้อกำหนดสำหรับขีดจำกัดในการใช้แต่ต้องเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ในการเกิดปฏิกิริยา catalysed เอนไซม์ MTGase สามารถปรับเปลี่ยนโปรตีนโดยการผสมผสานตัวกับ amines และมีผลต่อการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลและเกิดการแยกตัวของหมู่อะมิโนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโมเลกุล (ภาพที่ 2.4) ปฏิกิริยาการถ่ายเทของ acyl เกิดขึ้นจากการถ่ายโอน γ-carboxamide ของกลุ่มเปปไทด์ที่ถูกยึดติดกับกลูตามีน (acyl donor) ไปสู่เอมีนปฐมภูมิ (acyl acceptor) รวมทั้งกลุ่ม ε-amino ของไลซีน โดยกลุ่มโมเลกุล ε-amino ของไลซีนจะทำหน้าที่เป็นตัวรับของหมู่ acyl และการสร้าง cross-link เชื่อมโยงระหว่าง ε-(γ-glutamyl)-lysine (G-L) ระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะ isopeptide โดยการสร้างเครือข่ายโปรตีนที่มีความเสถียรทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ hydrophobicity ของพื้นผิวโปรตีนซึ่งมีผลต่อความสามารถในการละลายและคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น การเกิดเจล อิมัลชัน การเกิดโฟม และความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 ปฏิกิริยา Catalysed โดยเอนไซม์ MTGase (a)acyl-transfer (b) cross-linking of lysine and glutamine (c) deamidation

ที่มา: Gaspar *et al.* (2015)

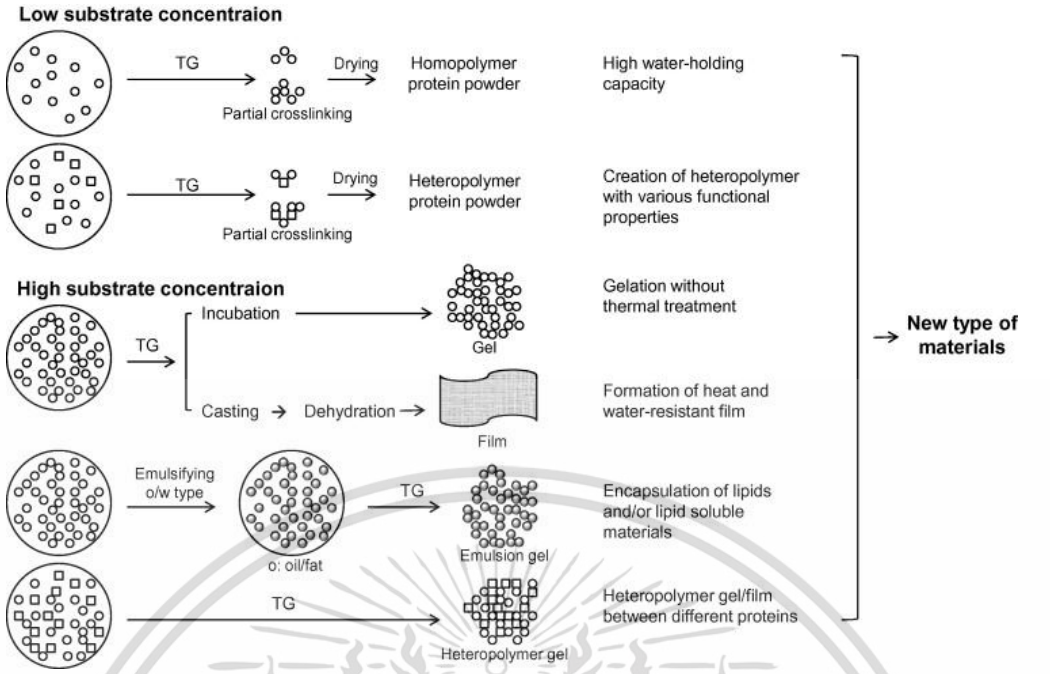
เมื่อไม่มีไลซีน ไลซีนอิสระ หรือเอมีนปฐมภูมิ อยู่ในระบบปฏิกิริยา น้ำจะกลายเป็นตัวรับของหมู่ acyl และการเกิดไฮโรไลติกของสารออกฤทธิ์กลูตามีน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกรดกลูตามิก ปฏิกิริยานี้จะเปลี่ยนแปลงค่าโปรตีน ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความสามารถในการละลายของโปรตีน ในโปรตีนปฏิกิริยาการเกิดแยกตัวของหมู่อะมิโน (deamidation) และ acyl transfer จะช้ากว่าการสร้าง G-L cross-links ด้วยพันธะโควาเลนต์ ทำให้สามารถเกิดพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (106-107 กรัม/โมล) (ภาพที่ 2.5) ซึ่งเป็นลักษณะที่อุตสาหกรรมอาหารใช้ประโยชน์มากที่สุด การใช้ MTGase มีผลต่อโครงสร้างของโปรตีน ทำให้โปรตีนมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น (ภาพที่ 2.6)

2.4.2) กลไกการทำงานของเอนไซม์ MTGase ต่อคุณสมบัติการทำงานของโปรตีน

1) คุณสมบัติทั่วไป

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพมีผลต่อการเตรียมวัตถุดิบในการแปรรูปอาหาร การจัดเก็บและการบริโภครวมทั้งมีผลต่อคุณภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหาร เช่น ขนาด รูปร่างองค์ประกอบ และลำดับกรดอะมิโน และการกระจายค่าใช้จ่ายในสัดส่วนต่างๆ คุณสมบัติการทำงานของโปรตีนสามารถจำแนกได้เป็น hydrophilic ซึ่งขึ้นอยู่กับการปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำ และคุณสมบัติระหว่างโมเลกุลทำให้เกิดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่ง MTGase จะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ และแสดงออกในลักษณะที่แตกต่างกันของเนื้อสัมผัสดังภาพที่ 2.6 และตารางที่ 2.3 จะสรุปผลการศึกษาที่เกี่ยวกับการใช้ MTGase ในการปรับคุณสมบัติการทำงานของโปรตีนในพื้นผิวของเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ ที่เป็นสารตั้งต้นโปรตีนและปริมาณของเอนไซม์และเงื่อนไขในการเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 ศักยภาพของการเชื่อมโยงของอนุภาคโปรตีนด้วยเอนไซม์ transglutaminase, TG= transglutaminase

ที่มา: Gaspar *et al.* (2015)

2) คุณสมบัติการละลาย

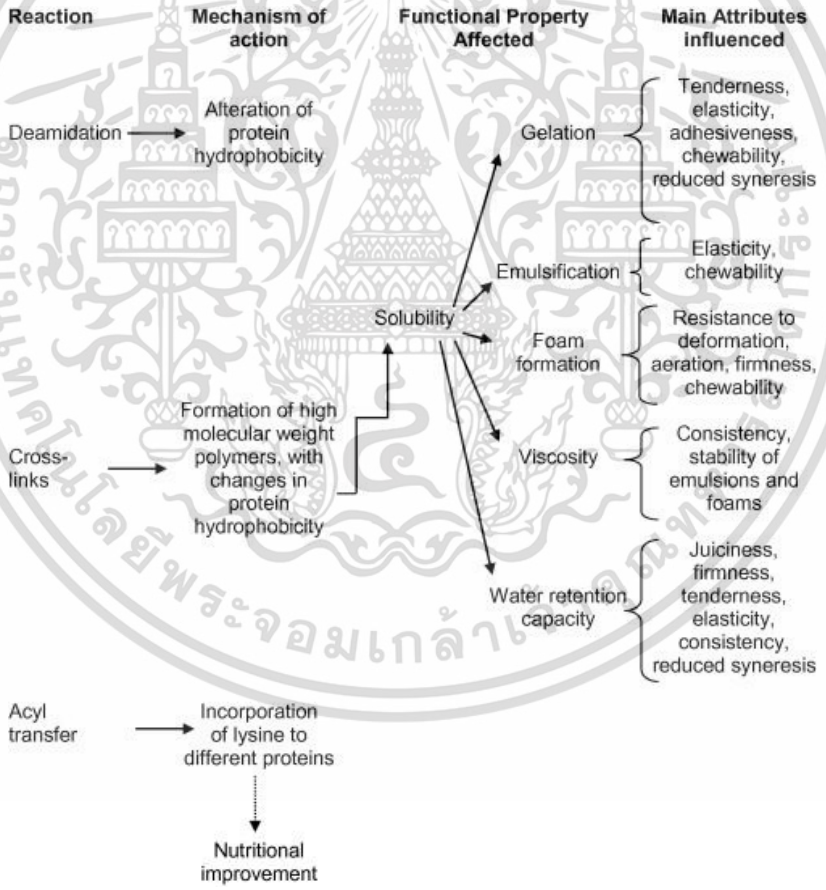
ความสามารถในการละลายของโปรตีน คือ โมเลกุลของส่วนที่ไม่ชอบน้ำสัมผัสน้ำได้มากขึ้นโดยมีลักษณะทางเคมีและมีปัจจัยภายนอกของสารละลายเข้ามาเกี่ยวข้องเอนไซม์ MTGase สามารถเพิ่มการละลายของโปรตีนและทำให้การคงตัวของอิมัลชันและการเกิดโฟมคงที่ โปรตีนที่อุดมด้วย glutamine และ asparagine เช่น โปรตีนถั่วเหลืองและข้าวสาลีสามารถเปลี่ยนเป็นกรด glutamic และ กรด aspartic ตามลำดับ การรายงานในตารางที่ 2.1.เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความสามารถในการละลายของโปรตีน myofibrillar จากเนื้อหมูที่ใช้ MTGase ในสภาวะที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าการละลายของ myosin เพิ่มขึ้นที่ pH ต่ำกว่าจุดไอโซอิเล็กตริก (pH ~ 5.0) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ pH = 3.0 เนื่องจากค่าคงที่ของการแยกตัวของ γ-carboxyl ใน กลุ่มกลูตามิก (Glu-COOH) ที่ pH > 4.0 (Glu-COO-) และสารประกอบ glutamine ionised จะปลดปล่อย amines protonated ที่ช่วยลดการปฏิกิริยาระหว่างน้ำและโปรตีน

3) คุณสมบัติการเกิดเจล

เจลเป็นสารที่อยู่ในสถานะกึ่งกลางระหว่างของแข็งและของเหลวที่เกิดจากพอลิเมอร์เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์เป็นโครงสร้างที่สามารถเก็บน้ำหรือโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำได้ ซึ่งอาหารที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นเจล เช่น โยเกิร์ต ชีส เต้าหู้ ซูริมิ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น pH อุณหภูมิและการกระจายตัวของเกลือรวมถึงสารเติมแต่งอื่นๆ เจลมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติและความเสถียรที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย เจลที่เสถียรจะเกิดขึ้นที่จุด isoelectric ของโปรตีน ในขณะที่เมื่อระดับ pH เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เจลอ่อนตัวลงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่มีข้อบกพร่อง การใช้เอนไซม์ MTGase จะช่วยให้เจลที่ยืดหยุ่นและไม่สามารถย้อนกลับได้ จากการศึกษาโดยใช้เนื้อสัตว์พบว่าระดับการเกิดเจลที่แตกต่างกันเกิดจากเอนไซม์ ดังตารางที่ 2.3 ความแตกต่างนี้เกิดจากสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อและลักษณะของกรดอะมิโนอิสระโดยเฉพาะกรดอะมิโนที่ตอบสนองต่อเอนไซม์ MTGase (glutamine และ lysine) ในปริมาณและระยะห่างระหว่างกรดอะมิโนและจำนวนของเอนไซม์ยับยั้งที่อาจมีอยู่ในระบบปฏิกิริยา โดยการเติมเอนไซม์ MTGase สามารถเปลี่ยนโครงสร้างของ myosin กับโครงร่างแบบ α-helix ให้ลดลงและ β-sheet ให้เพิ่มขึ้น ทำให้สามารถสร้างพอลิเมอร์น้ำหนักโมเลกุลสูงได้ เป็นการปรับปรุงคุณสมบัติเนื้อสัมผัสของเนื้อสัมผัส สรุปได้ว่าการเติมเอนไซม์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่แทรกแซงการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับโปรตีน ซึ่งจะเพิ่มการเกิดเจล เนื่องจากโครงร่างอนุภาคที่เป็นเนื้อเดียวกัน



ภาพที่ 2.6 การเกิดปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ MTGase และกลไกในการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนในอาหาร

ที่มา: Gaspar *et al.* (2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สมบัติเชิงหน้าที่และการประยุกต์ใช้เอนไซม์ MTGase ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

สารตั้งต้นของโปรตีน (สมบัติเชิงหน้าที่)	วิธีการประยุกต์ใช้ (ความเข้มข้นของเอนไซม์อุณหภูมิ และการเวลาในการบ่ม)
โปรตีนจากเนื้อหมู myofibrillar (ความสามารถในการละลาย)	0.5% (w/w); 4°C; 24 h
โปรตีนจากเนื้อหมู myofibrillar (การเกิดอิมัลซิไฟด์และการเกิดโฟม)	0.2 or 0.8% (w/w); 25°C; 9 h or 4°C; 24 h
โปรตีน myofibrillar จากเนื้อหมู (ความหนืด)	0.6% (w/w); 4°C; 24 h
เจลเนื้อไก่ (การเกิดเจล)	0.3% (w/w); 40°C; 30 min; 500 MPa
โปรตีนจากเนื้อไก่และเนื้อวัว (การเกิดเจล)	5–6,8 % (w/w); 40°C or 78°C, 30 min
โปรตีนจากเนื้อสัตว์ - ปลาดุก (ความสามารถในการอุ้มน้ำ)	0.05–0.1% (+1.7% soy protein isolate); 4 °C; 12 h

ที่มา: Gaspar *et al*. (2015)

4) คุณสมบัติการเกิดอิมัลชันและการเกิดโฟม

อิมัลชันเป็นการกระจายตัวของของเหลวกับของเหลวที่สามารถรวมตัวกับน้ำมันได้กล่าวคืออิมัลชันเกิดได้จากการกระจายตัวของน้ำในน้ำมัน (W / O) หรือน้ำมันในน้ำ (O / W) จากการศึกษาโปรตีนเนื้อหมู myofibrillar ที่เติม MTGase และมีปริมาณเกลือลดลง พบว่าการใช้เอนไซม์ทำให้เกิดเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เนื่องจากพันธะเปปไทด์เกิดที่พื้นผิวของหยดน้ำมันและส่งเสริมการขับไล่ไฟฟ้าสถิต ทำให้เกิดการตกตะกอน MTGase ส่งผลให้โครงสร้างของอาหารมีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น โฟมเกิดจากการขยายตัวของโปรตีนเมื่อได้รับอากาศเข้าไปโดยการเขย่าหรือการหมุนพบว่าที่ pH = 4.0 ในกรณีที่ไม่มีการเติมเกลือจะเพิ่มปริมาณโฟม สรุปได้ว่าอาจเป็นเพราะการดูดซับของเปปไทด์อย่างรวดเร็วที่อินเตอร์เฟสแบบน้ำ – อากาศที่จุดไอโซอิเล็กทริก เกิดการขับไล่ไฟฟ้าสถิตในโปรตีนที่ การปรับปรุงการดูดซับเปปไทด์ช่วยลดความตึงผิวและเพิ่มปฏิกิริยาโปรตีน ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการเกิดโฟมและเสถียรภาพของผิว

5) คุณสมบัติการอุ้มน้ำ

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water-holding capacity :WHC) คือความสามารถในการดูดซับน้ำของโปรตีนและเก็บไว้ภายในเซลล์ และความสามารถของโปรตีนในการจับกับน้ำมีส่วนเกี่ยวข้องกับความชุ่มชื่นและความอ่อนนุ่มของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ และคุณสมบัติของเนื้อสัมผัสในขนมปังและผลิตภัณฑ์ประเภทเจลชนิดอื่น ๆ ดังนั้น WHC มีความเชื่อมโยงต่อการเกิดเจลและการเกิดอิมัลชันและการเกิดโฟม ความเข้มข้นของเอนไซม์มีความสัมพันธ์แบบผกผัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ WHC เมื่อถึงจุดหนึ่งของโปรตีน myofibrillar เพราะความเข้มข้นของเอนไซม์สูงขึ้น จะทำให้การเชื่อมต่อภายในและภายนอกของพันธะเปปไทด์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับน้ำลดลงดังนั้นปริมาณเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้นควรได้รับการประเมินอย่างรอบคอบ เนื่องจากในความเข้มข้นที่เหมาะสมของ MTGase จะให้เจลมีความเสถียรและมีความพรุนสูงขึ้นซึ่งสามารถตรึงให้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

6) คุณสมบัติความเหนียวหรือความหนืด

ความหนืดเกิดจากแรงเสียดทานภายในของของเหลว ที่เกิดจากการรวมตัวของโปรตีนระหว่างตัวทำละลายในปริมาตรที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความยืดหยุ่นของโมเลกุลในสภาวะ hydrated โดยความเข้มข้นและความหนาแน่นของโมเลกุลในสารละลายมีความสัมพันธ์กับโมเลกุลมากขึ้น โดยการลดช่องว่างระหว่างโปรตีน ซึ่งส่งผลให้การเคลื่อนที่ของน้ำลดลง และทำให้มีความหนืดสูงขึ้น

3) ฟอสเฟต (Phosphate)

สารประกอบฟอสเฟตเป็นสารที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายๆชนิดเช่น อุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ อุตสาหกรรมการผลิตนม ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยการผลิตสารประกอบฟอสเฟตนั้นสามารถผลิตได้จากกระดูกสัตว์ หินฟอสเฟต หรือปฏิกิริยาระหว่างไอออนของโลหะกับกรดฟอสฟอริก ซึ่งสารประกอบฟอสเฟตนั้นได้รับการรับรองในเป็นส่วนประกอบของอาหารที่ปลอดภัย (GRAS; Generally Recognized as Safe) จากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยในประเทศeng ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 281) พ.ศ. 2547 นั้นได้มีการกำหนดปริมาณของสารประกอบฟอสเฟตสูงสุดที่สามารถใส่ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก เช่น ไส้กรอก กุนเชียง แฮม และขาหมูรมควันไว้ที่ 3000 มิลลิกรัม ต่อผลิตภัณฑ์ 1 กิโลกรัม โดยวัตถุประสงค์ของการใส่สารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ดังนี้

1) ทำสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้มีความคงตัว

2) เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ได้นั้นมี รสสัมผัสที่นุ่มและมีความชุ่มฉ่ำมากขึ้น

3) ป้องกันการเกิดกลิ่นและรสชาติที่น่ารับประทาน โดยสารประกอบฟอสเฟตนั้นจะมีฤทธิ์ในการช่วยกันการหืนของอาหาร

4) ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

5) ลดปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป

2.3.2.3 น้ำ (Water)

ปริมาณน้ำที่เติมลงในเนื้อขึ้นรูปจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ วัตถุประสงค์หลักๆในการเติมน้ำ คือเพื่อให้กระบวนการแปรรูปง่ายยิ่งขึ้น น้ำมีคุณสมบัติเชิงหน้า ที่และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป หากเติมน้ำน้อยเกินไปจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งและไม่มีกลิ่นรส รวมถึงการเติมน้ำจะช่วยชดเชยน้ำที่สูญเสียไปจากการระเหยหรือกระบวนการแปรรูปอื่นๆ น้ำจึงมีความจำเป็นต่อความชุ่มฉ่ำและทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายสาร (รัดใจ ปคุณพูลสิน. 2557)

2.3.2.4 การตีนวดหรือการผสม (Mixing)

ในการสกัดโปรตีนจากชิ้นเนื้อ ต้องอาศัยกลไกการทำงานของเกลือ การสกัดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการใช้แรงกระทำจากภายนอกร่วมด้วย เช่น การนวดผสม เมื่อนำเนื้อผ่านความร้อนเพื่อทำให้สุก โปรตีนที่ถูกสกัดได้จะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมชิ้นเนื้อให้ติดกัน กระบวนการที่ใช้ในการสกัดโปรตีนได้แก่ การนวด (thumbling, massaging) การผสมเป็นขั้นตอนที่จำเป็นต่อการทำให้เส้นใยเนื้อกระจายตัว (Pearson and Tauber. 1984) และทำให้เนื้อเยื่อฉีกขาดซึ่งจะช่วยให้สกัดโปรตีนได้ดียิ่งขึ้น ถ้ามีการเติมส่วนผสมอื่นจะต้องใช้เวลาในการผสมนานขึ้น อย่างไรก็ตามเวลาในการผสมขึ้นอยู่กับรูปแบบของเครื่องผสม ความเร็วรอบ และเนื้อสัมผัสที่ต้องการ การผสานนานเกินไป จะทำให้สูญเสียเนื้อสัมผัสและเกิดเนื้อสัมผัสคล้ายฟองน้ำ การควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการผสมเป็นปัจจัยสำคัญ ต่อคุณภาพของเนื้อขึ้นรูป เพราะนอกจากจะช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันในระหว่างผสมแล้วยังสามารถควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างการผลิตได้ด้วย (Huffman. 1980)

2.3.2.5 การทำให้นุ่ม

เนื้อที่มีความเหนียวสามารถทำให้นุ่มได้ โดยใช้เครื่องทำนุ่มแบบใบมีด (blade tenderization) นิยมใช้กับการผลิตเนื้อคืนรูปชนิดตัดเป็นก้อนและชิ้นรูป เนื้อที่เหนียวใช้การทำนุ่มวิธีนี้ได้แก่ เนื้อสัตว์ป่า เนื้อส่วนที่ใช้งานหนักเนื้อพังผืด และเนื้อที่มีไขมัน (Pearson and Tauber. 1984) Booren *et al.* (1981a) รายงานว่าการทำนุ่มเป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตสเต๊กคืนรูปชนิดตัดและขึ้นรูป (sectioned and formed restuctured steak) Booren *et al.* (1981 b) รายงานว่าสเต๊กคืนรูปที่ผลิตจากเนื้อส่วนเหนียวยังคงได้รับการยอมรับ เมื่อผ่านการทำนุ่ม 2 ครั้งด้วยเครื่องทำนุ่มแบบใบมีดก่อนการผลิต แต่ Rolan *et al.* (1988) รายงานว่าไม่มีผลดีของการทำนุ่มในการผลิตสเต๊กเนื้อวัวคืนรูปจากเนื้อส่วนเหนียวทั้งคุณภาพเนื้อสัมผัสและปริมาณเนื้อพังผืดที่ยอมรับและเนื่องจากมีการบดเนื้อก่อนผสมจึงไม่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้นุ่มร่วมด้วย

2.3.2.6 การอัดและการขึ้นรูป (Restructuring)

การอัดและการขึ้นรูปเป็นขั้นตอนการบีบชิ้นเนื้อที่ผสมแล้วลงในแม่แบบเพื่อให้ได้ก้อนเนื้อตามรูปแบบที่ต้องการ โดยโปรตีนที่สกัดได้จะช่วยให้ชิ้นเนื้อสามารถยึดติดกันได้ดี การขึ้นรูปนิยมทำเป็นก้อน (meat log) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆกันตามความประสงค์ของผู้ผลิต การอัดเนื้อทำได้โดยการอัดเนื้อที่นวดผสมแล้วลงในไส้พลาสติก (casing) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดสำหรับกระบวนการผลิตเนื้อขึ้นรูปที่มีการยึดเกาะกันทางเคมี หลังจากอัดตัวแล้ว ต้องเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำภายใต้เวลาที่เหมาะสม พันธะทางเคมีระหว่างโปรตีนเนื้อสัตว์และสารช่วยยึดเกาะที่อุณหภูมิต่ำ (cold-set binders) จะเกิดขึ้นเป็นผลให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป (Pearson and Gillet. 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.7 การแช่เยือกแข็ง (Freezing)

การแช่เยือกแข็งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดสำหรับกระบวนการผลิตเนื้อขึ้นรูปแบบอาศัยกลไกการยึดเกาะกันด้วยความร้อน เนื่องจากแรงยึดเกาะในผลิตภัณฑ์ดิบต่ำมาก ดังนั้นการแช่แข็งจะช่วยให้รูปร่างของผลิตภัณฑ์อยู่ตัวและง่ายต่อการตัดหรือการสไลด์ (Huffman. 1980) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนการแช่แข็งควรต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไมโอโกลบิน (Pearson and Gillet. 1996) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ยึดเกาะกันที่อุณหภูมิต่ำไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนนี้ โดยผลิตภัณฑ์จะถูกตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำและเก็บไว้ภายในตู้เย็นเพื่อให้เกิดกระบวนการเกิดเจลอย่างสมบูรณ์ อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0-5 องศาเซลเซียส การแช่เยือกแข็งทันทีในห้องแช่เยือกแข็งแบบลมเป่า ที่อุณหภูมิช่วง 0 ถึง -20 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วบ่มเพื่อให้สะดวกต่อการขึ้นรูปและการหั่น อุณหภูมิที่ใช้บ่มขึ้นกับปริมาณเกลือและฟอสเฟตที่ใช้ กล่าวคือ กรณีไม่ใช้เกลือและฟอสเฟตควรบ่มที่อุณหภูมิ 26-28 องศาฟาเรนไฮต์ ถ้าใช้เกลือและฟอสเฟตปริมาณร้อยละ 0.5 และ 0.3 ควรบ่มที่อุณหภูมิ 20-22 องศาฟาเรนไฮต์ หลังจากนั้นอัดเนื้อให้มีรูปร่างตามต้องการด้วยเครื่องอัดเนื้อแบบไฮโดรลิก การใช้เครื่องบรรจุแบบสุญญากาศต่อเนื่อง (continuous vacuum stuffer) จะเหมาะสมต่อการขึ้นรูปโดยการบรรจุเนื้อในแม่พิมพ์ แช่เยือกแข็งและบ่ม แล้วหั่นให้เป็นชิ้นที่มีขนาดตามต้องการได้ทันที ทั้งนี้ควรมีการพัฒนาผลิตเครื่องมือที่สามารถขึ้นรูปและหั่นเป็นชิ้นในเครื่องเดียวกันได้ ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อคืนรูปได้ในอนาคตอันใกล้นี้ (Pearson and Tauber. 1984)

2.3.3 การยึดเกาะกันของชิ้นเนื้อ

การยึดเกาะกันของชิ้นเนื้อ คือ ความสามารถของเนื้อที่จะประสานเข้าด้วยกันเป็นก้อน เนื้อชนิดต่างๆจะมีความสามารถในการยึดเกาะแตกต่างกันออกไป กลไกลการยึดเกาะกันของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การเกิดเจลแบบอาศัยความร้อน (conventional heat set gelation) และ การเกิดเจลแบบอาศัยอุณหภูมิต่ำ (cold set gelation)

2.3.3.1 การเกิดเจลแบบอาศัยความร้อน (Conventional heat set gelation) อาศัยคุณสมบัติการยึดเกาะของโปรตีนเส้นใยที่สกัดออกมาได้ด้วยเกลือ เมื่อผสมชิ้นเนื้อกับเกลือจะทำให้เกิดของเหลวที่มีความข้นเหนียวที่ผิวหน้าของชิ้นเนื้อ โปรตีนที่ไหลออกมาจาดชิ้นเนื้อจะแทนที่อากาศที่อยู่บริเวณช่องว่างระหว่างชิ้นเนื้อและจะทำหน้าที่คล้ายกาวหรือตัวประสานทำให้ชิ้นเนื้อยึดเกาะกันได้โดยในชิ้นเนื้อที่ยังดิบจะมีความแข็งแรงในการยึดเกาะต่ำ แต่เมื่อนำไปให้ความร้อน โปรตีนเส้นใยเหล่านี้จะเกิดการคลายตัวและเกิดอันตรกิริยาระหว่างโปรตีน-โปรตีน (protein-protein association) ที่อุณหภูมิ 36-40 องศาเซลเซียส หลังจากให้ความร้อนจนถึง 45-50 องศาเซลเซียส โปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อที่เกิดการเสียสภาพเป็นบางส่วนจะเกิดการรวมมวล (aggregate) และเกิดเป็นโครงข่ายเจล การเกิดเจล แบบอาศัยความร้อนจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส (Tormberg. 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.2 การเกิดเจลแบบอาศัยอุณหภูมิต่ำ (Cold set gelation) ต้องอาศัยความสามารถในการเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำของโปรตีน การเกิดเจลนั้นจะเกิดได้โดยการลดแรงผลักกันระหว่างประจุ กลไกการเกิดเจลแบบอาศัยอุณหภูมิต่ำต้องอาศัยการเกิดพันธะทางเคมีของโปรตีนเนื้อสัตว์ สารช่วยยึดเกาะและองค์ประกอบอื่นๆที่มีอยู่ในระบบซึ่งสารช่วยยึดเกาะทางเคมีที่เติมลงไปอาจจะเป็นโปรตีนหรือพอลีแซ็กคาไรด์ก็ได้ แต่ต้องมีความสามารถในการเกิดพันธะทางเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธะโควาเลนต์และพันธะไอออนิค

2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการยึดเกาะของชิ้นเนื้อ (รัดใจ ปคุณพูลสิน. 2557)

2.3.4.1 สภาวะของเนื้อ เนื้อสัตว์ก่อนการเกร็งตัว (pre rigor) จะมีการสกัดโปรตีนไมโอซิน (myosin) มากกว่าเนื้อสัตว์ที่ผ่านการเกร็งตัวแล้ว (pro rigor) ทำให้ชิ้นเนื้อมีแรงยึดเกาะระหว่างกันมากขึ้น

2.3.4.2 ขนาดของชิ้นเนื้อ ชิ้นเนื้อที่มีขนาดเล็กทำให้เกิดโปรตีนที่สกัดได้และแรงยึดเกาะระหว่างชิ้นเนื้อมีมากกว่าชิ้นเนื้อขนาดใหญ่

2.3.4.3 ปริมาณเกลือที่ใช้ เกลือที่มีความเข้มข้นมากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดโปรตีนได้ดีขึ้นมีผลให้แรงยึดเกาะระหว่างชิ้นเนื้อเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณเกลือมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อและยังเร่งให้เกิดการหืนในระหว่างการแช่แข็งอีกด้วย

2.3.4.4 ระยะเวลาในการผสม เมื่อระยะเวลานานขึ้น ชิ้นเนื้อจะมีแรงยึดเกาะกันมากขึ้น แต่ถ้าเพิ่มเวลาในการผสมจะทำให้เซลล์ถูกทำลายมากขึ้น Theno *et al.* (1978) พบว่าเมื่อใช้เวลาในการผสมนานกว่า 18 นาที ปริมาณโปรตีนไมโอซินที่สกัดได้จะลดลงเนื่องจากในระหว่างการผสมจะมีความร้อนเกิดขึ้น ทำให้โปรตีนเสียสภาพ ไม่สามารถสกัดออกมาได้ทำให้ชิ้นเนื้อยึดเกาะกันน้อยลง

2.3.4.5 อุณหภูมิในการสกัดโปรตีน จากการทดลองของ Acton (1972) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัด 4-35 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลในการสกัดโปรตีนใกล้เคียงกันแต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลในการสกัดโปรตีนลดลง

2.3.4. ปริมาณไขมัน ไขมันทำให้ความสามารถในการยึดจับกันของชิ้นเนื้อลดลง

2.4 กระบวนการทำให้สุกบางส่วนด้วยวิธี Sous Vide (Baldwin. 2012)

Sous vide เป็นภาษาฝรั่งเศส แปลว่า "ภายใต้สุญญากาศ" การทำอาหารวิธี Sous Vide คือการบรรจุวัตถุดิบในถุงสุญญากาศและนำลงไปแช่ในน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ ความร้อนจะค่อยๆ ถ่ายเทสู่วัตถุดิบ วิธีนี้จะทำให้วัตถุดิบไม่สูญเสียคุณค่าและไม่สูญเสียความชุ่มฉ่ำใดๆ ในขณะที่การทำอาหารวิธีทั่วไป เช่น ย่าง ทอด อบ จะมีควันและควันที่เกิดขึ้นก็คือน้ำในวัตถุดิบหรือความชุ่มฉ่ำของวัตถุดิบที่ระเหยออกไป การปรุงด้วยวิธี Sous Vide ใช้การถ่ายเทความร้อนด้วยอุณหภูมิที่เหมาะที่สุดสำหรับวัตถุดิบนั้นๆ โดยแช่น้ำจนอุณหภูมิเข้าถึงส่วนในสุดของวัตถุดิบ วิธีนี้ไม่เกิดควันใดๆดังนั้นจึงกักเก็บความชุ่มฉ่ำได้มากที่สุด (ภาพที่ 2.7) โดยการปรุงอาหารวิธี Sous Vide มีข้อดีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.7 ลักษณะของสเต็กเนื้อโคที่ทำให้สุกด้วยการย่างแบบ Pan sear และ Sous vide
ที่มา: Sousvide Thailand, Inc. (2014)

2.4.1 อาหารจะสุกอย่างสมบูรณ์แบบ วัตถุดิบจะถูกควบคุมอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดทั่วทั้งชิ้นคงความนุ่ม ชุ่มฉ่ำของอาหารได้อย่างวิธีทำอาหารทั่วไปทำไม่ได้สามารถปรุงอาหารที่มีความละเอียดอ่อนเช่น ไข่ไก่ ให้สุกตามความชอบ

2.4.2 รักษาสารอาหารจากการทำลายด้วยความร้อนได้มากกว่า การปรุงอาหารด้วยวิธี Sous Vide อาหารจะไม่โดนความร้อนโดยตรง จึงทำให้ไม่สูญเสียสารอาหารใด ๆ คุณจะไม่เห็นสีของผักละลายไปกับน้ำ

2.4.3 เปลี่ยนเนื้อส่วนที่เหนียวให้เหมือนเนื้อชั้นดี วิธี Sous vide สามารถทำให้เนื้อที่เหนียวและราคาไม่แพงอย่างซี่โครงเป็นเนื้อชั้นดี ร่อนออกจากกระดูกและยังคงความชุ่มฉ่ำสีชมพู สำหรับผู้ที่ลดความอ้วนไม่ทานแป้ง โปรตีนที่มีแคลอรี่ต่ำอย่างเนื้ออกไก่ สันในไก่หรือสันในหมู ซึ่งปรุงวิธีปกติเนื้อจะแห้งมาก แต่วิธี Sous Vide สามารถทำออกมาได้ชุ่มฉ่ำกว่าวิธีทั่วไป ไม่ต้องใช้น้ำมัน เนยหรือซอส ทำให้การลดน้ำหนักเป็นเรื่องง่ายขึ้น เห็นผลไวขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 ขอบเขตของงานวิจัย

การทดลอง	กิจกรรม
การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณภาพเนื้อจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อ	จัดกลุ่มทดลองแบบ RCBD ชิ้นส่วนเนื้อแพะ มี 9 ชิ้นส่วน ได้แก่ สันสะเอว (Loins), ขาหลัง (Hind leg), สะโพก (Chump), สันซี่โครง (Rack), ไหล่ (Shoulder), ขาหน้า (Force leg), อก (Brest), คอ (Neck), สันใน (Tenderloins) **1.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ** - วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการละลายน้ำแข็ง (thawing loss) - วิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* - วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุก (cooking loss) - ค่าแรงเฉือน จาก Warner-Bratzler ด้วยเครื่อง texture analyzer - วิเคราะห์หาการหดตัวของพื้นผิวจากการทำให้สุก (surface shrinkage) **1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี** - วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น - วิเคราะห์หาค่า pH - วิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด - วิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำได้ **1.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**
การทดลองที่ 2 การพัฒนากระบวนการผลิตสเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่	แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย ดังนี้ **2.1 การทดลองย่อยที่ 2.1 การพัฒนากระบวนการหมักมาริเนตเนื้อแพะ** *1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี* - วิเคราะห์ปริมาณผลผลิต - วิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* - วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุก (cooking loss) - วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis, TPA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง	กิจกรรม
	- วิเคราะห์ค่าแรงเฉือน จาก Warner-Bratzler ด้วยเครื่อง Texture analyzer - วิเคราะห์หาค่า pH *2) การทดสอบทางประสาทสัมผัส* ด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความชุ่มน้ำ และลักษณะโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale *3) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ* เพื่อคัดเลือกกระบวนการมาริเนตที่เหมาะสมอย่างน้อย 1 กระบวนการผลิต เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป **2.2 การทดลองย่อยที่ 2.2 การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปสเต็กเนื้อแพะ** *1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี* - วิเคราะห์ปริมาณผลผลิต - สังเกตลักษณะการยืดเกาะและความสามารถในสไลด์ - วิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* - วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการละลายน้ำแข็ง (thawing loss) - วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุก (cooking loss) - วิเคราะห์หาการหดตัวของพื้นผิวจากการทำให้สุก (surface shrinkage) - วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis, TPA) - วิเคราะห์หาค่า pH *2) การทดสอบทางประสาทสัมผัส* ทำการศึกษาความชอบของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความชุ่มน้ำ และลักษณะโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale *3) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ* เพื่อคัดเลือกกระบวนการขึ้นรูปที่เหมาะสมอย่างน้อย 1 กระบวนการผลิต เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง	กิจกรรม
3.การทดลองที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงด้วยวิธี Sous vide	ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ : ระยะเวลาให้ความร้อน 3 ระดับ ได้แก่ 60:42 65:12 และ 70:3 องศาเซลเซียส:นาที *1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ* - วิเคราะห์ปริมาณผลผลิต - วิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* - วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุก (cooking loss) - วิเคราะห์หาการหดตัวของพื้นผิวจากการทำให้สุก (surface shrinkage) - วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis, TPA) *2) การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี* - วิเคราะห์หาค่า pH - วิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด - วิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำ *3) การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์* - วิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตามสภาวะการเจริญ 2 แบบ + Mesophilic bacteria + Psychrotropic bacteria - วิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และรา - วิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *S. aureus* - วิเคราะห์หาปริมาณ coliform และเชื้อ *E. coli* - วิเคราะห์หาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* *4) การทดสอบทางประสาทสัมผัส* ทำการศึกษาความชอบของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความชุ่มน้ำ และลักษณะโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale *5) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ* เพื่อคัดเลือกกระบวนการ Sous-vide ที่เหมาะสมอย่างน้อย 1 กระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง	กิจกรรม
4. การทดลองที่ 4 การศึกษาคุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญในผลิตภัณฑ์	นำผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่ผ่านการคัดเลือกจากข้างต้นมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญ *1) พลังงาน* ทั้งปริมาณพลังงานทั้งหมดและปริมาณพลังงานที่ได้จากไขมัน *2) ปริมาณสารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณมาก* เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมันทั้งหมด โปรตีน เถ้า และใยอาหาร เป็นต้น *3) ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุ* เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม และเหล็ก เป็นต้น *4) สารอาหารที่ต้องระวังปริมาณการบริโภค* เช่น คอเลสเตอรอล โซเดียม ไขมันอิ่มตัว และน้ำตาล เป็นต้น *5) วิเคราะห์หา fatty acid profile* *6) วิเคราะห์หา amino acid profile*

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 **วัตถุดิบ-สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ**

3.2.1.1 วัตถุดิบ

1) เนื้อแพะ
2) โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride)
3) โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate)
4) ผงเพรก
5) น้ำเย็น
6) เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส (tranglutaminase)
7) โซเดียมเคซิเนท (sodium caseinate)
8) ซีอิ้วขาว
9) น้ำมันหอย
10) น้ำส้มสายชู

3.2.1.2 สารเคมี

1) Absolute ethanol 96% (Merck, Germany)
2) Na2CO3 (Sodium carbonate) (Sigma-Aldrich, Germany)
3) Alcohol (ScharlauChemie S. A., Spain)
4) Sodium hydroxide (NaOH) (Sigma, Germany)
5) Hydrochloric acid (HCl) (Sigma, Germany)
6) Sulfuric acid (Sigma, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) Copper sulfate (K2SO4) (Sigma, Germany)

8) Potassium sulfate (K2SO4) (Sigma, Germany)

9) Boric acid (Sigma, Germany)

10) Methyl red (Sigma, Germany)

11) Bromocresol green (Sigma, Germany)

12) Sodium carbonate (Sigma, Germany)

13) Petrolium ether (QRëc, Zealand)

14) Indicator

15) H_2SO_4 96% (RCL Labascan, Australia)

16) Sodium chloride (NaCl) (Merck, Germany)

17) Calcium chloride ($CaCl_2$) (Univar, Australia)

18) Potassium chloride (KCl) (Univar, Australia)

19) p-dimethythylaminebenzenzaldehyde (DABA) (Sigma, Germany)

20) 70% perchloric acid (J.T. Baker/ CARLO ERBA)

21) 2- propanol (Merck, Germany)

22) Chloramine T (ALDRICH, Germany)

23) Citric acid (Univar, Australia)

24) Sodium acetatetrihydrate (CARLO ERBA,)

25) Methyl red

26) Methanol (Rci labscan, Australia)

27) Silicone oil (เคมีภัณฑ์)

28) Activated carbon

29) Hydroxyproline (Merck, France)

30) Tri sodium citrate (Unilab, Australia)

31) Potassium hydroxide (Merck, Germany)

32) Alcoholic naphtol solution

33) Kovac

3.2.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

1) Trichloroacetic acid (TCA) (Meark, Germany)

2) Rappaport-Vassiliadis medium (RV broth) (Meark, Germany)

3) HE agar (Meark, Germany)

4) Lysine Iron Agar (LIA) (Meark, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) MRS broth (Meark, Germany)

6) Triple Sugar Iron (TSI) (Meark, Germany)

7) Streptomycinthallous Acetate-Actidione (STAA) (Meark, Germany)

8) Plate count agar (PCA) (Meark, Germany)

9) PDA (Meark, Germany)

10) LMX broth (Meark, Germany)

11) BPA (Meark, Germany)

12) Methyl red-VogesProskauer (MR-VP) broth (Meark, Germany)

3.2.2 วัสดุ-อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) เครื่องบดเนื้อ (Biro medel 346-3, USA)

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

3) เครื่องชั่งชนิดหยาบ (Tanita model 1144, Tanita Corporation, Japan)

4) เครื่องชั่งชนิดละเอียด (Sartorius, Basic, Germany)

5) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath, Memmert, Germany)

6) ถุงสุญญากาศชนิด K-Nylon/LLDPE

7) เครื่องวัดค่าสีของเนื้อ (Hunterlab Mini Scan EZ LAV, Hunter Associates Laboratory,Inc, USA)

8) เครื่องวัดค่า กรด-ด่าง (Mettler Toledo medel SG-2, Mettler Toledo International Inc. Switzerland)

9) เครื่องวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler, Instron Model 1011, Instron company, Thailand)

10) เครื่องกลั่นโปรตีน (Gerhardt model Vapodest 30, Germany)

11) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Shimadzu model UV – 1601, Shimadzu Corparation, Japan)

12) จานเพาะเลี้ยงเชื้อ (plate) (PetriQ)

13) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

14) ตู้อบเครื่องแก้ว (Hot air oven, Memmert model CM500, Germany)

15) เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์ที่จำเป็น

16) ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ (WTB Binder model BD, Germany)

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

18) เครื่องวัดอุณหภูมิ (Fluke, Fluke Biomedical, Netherland)

19) กระดาษกรอง (Whatman, Sigma-Aldrich, England)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20) ตู้เขี่ยเชื้อแบบ Laminar Flow (Dwyer model BD, Germany)

21) เครื่องผสมอาหาร (Heavy Duty, Kitchen aid, St Joseph Michigan, USA)

22) เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Ramon, Changsha Branch Company, Germany)

23) เครื่องย่อยไขมัน (Gerhardt model ,Germany)

24) เตาเผาอุณหภูมิสูง (Blue)

25) ไมโครปิเปต ขนาดต่างๆ (Biohit)

26) autoclaves

27) โหลดูดความชื้น

28) ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณภาพเนื้อแพะจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อ

ทำการศึกษาคุณภาพเนื้อแพะจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อ โดยการจัดกลุ่มทดลองแบบ 4x9 factorial in RCBD โดยมีปัจจัยแรกคือ ซากแพะตัวที่ 1-4 และปัจจัยที่สองคือ ชิ้นส่วนเนื้อแพะ มี 9 ชิ้นส่วน ได้แก่ สันสะเอว (Loins), ขาหลัง (Hind leg), สะโพก (Chump), สันซี่โครง (Rack), ไหล่ (Shoulder), ขาหน้า (Force leg), อก (Brest), คอ (Neck), สันใน (Tenderloins) ซึ่งเป็นเนื้อแพะที่ได้จากซากแพะเนื้อลูกผสมสามสายเลือด(พันธุ์บอร์xแองโกลนูเบียนxพื้นเมือง) น้ำหนักมีชีวิต 30-50 กิโลกรัม อายุ 1-2 ปี จากฟาร์มในจังหวัดกระบี่ โดยเก็บข้อมูล 3 รุ่นการผลิตเนื้อสัตว์ ทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของชิ้นส่วนเนื้อแพะ ดังนี้

3.3.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการละลายน้ำแข็ง (thawing loss) (Serrano *et al.* 2006)
- วิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b*
- วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุก (cooking loss) (Serrano *et al*. 2006)
- ค่าแรงเฉือน จาก Warner-Bratzler ด้วยเครื่อง texture analyzer (Lennon. 2010)

3.3.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น (AOAC. 2005)
- วิเคราะห์หาค่า pH (Conte-Junior *et al*. 2008)
- วิเคราะห์หาปริมาณคลอเลสเตอรอล
- วิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Hill. 1969)
- วิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำ (ดัดแปลงจาก Hill. 1969)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

3.3.2 การทดลองที่ 2 การพัฒนากระบวนการผลิตสเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย ดังนี้

3.3.2.1 การทดลองย่อยที่ 2.1 การพัฒนากระบวนการหมักมาริเนตเนื้อแพะ เป็นการศึกษากระบวนการเตรียมวัตถุดิบเบื้องต้นก่อนกระบวนการขึ้นรูป โดยการปรับกระบวนการหมักมาริเนตเนื้อแพะแช่เยือกแข็งที่เหมาะสมด้วยแผนการทดลองแบบประสมกลาง (Central composite design, CCD) เพื่อทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อแพะหมักมาริเนต คือ เปอร์เซ็นต์ของของเหลว (น้ำ, น้ำส้มสายชู) เกลือ ฟอสเฟต น้ำมันหอย ซีอิ้วขาว ในการนวด อย่างละ 3 ระดับ พัฒนากระบวนการหมักมาริเนตเนื้อแพะแช่เยือกแข็ง 20 กระบวนการผลิต จำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของเนื้อแพะแช่เยือกแข็งหมักมาริเนตแต่ละกระบวนการผลิต ดังนี้

1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

- วิเคราะห์ปริมาณผลผลิต
- วิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b*
- วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) (Kim *et al*. 2017)
- วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุก (cooking loss) (Serrano *et al*. 2006)
- วิเคราะห์ค่าแรงเฉือน จาก Warner-Bratzler ด้วยเครื่อง texture analyzer (Bourne. 1978)
- วิเคราะห์หาค่า pH (Conte-Junior *et al*. 2008)

2) การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำการศึกษาความชอบของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความชุ่มน้ำ และลักษณะโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale

3) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนาย และแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 5 ปัจจัยต่อค่าการตอบสนองทั้งหมด ด้วยการสร้างกราฟพื้นผิวการตอบสนอง (Response surface methodology) เพื่อคัดเลือกกระบวนการหมักมาริเนตที่เหมาะสมอย่างน้อย 1 กระบวนการผลิต

3.3.2.2 การทดลองย่อยที่ 2.2 การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปสเต๊กเนื้อแพะ เป็นการพัฒนาการกระบวนการขึ้นรูปสเต๊กเนื้อแพะที่เหมาะสม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของสเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่แต่ละกระบวนการผลิต ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

- วิเคราะห์ปริมาณผลผลิต
- วิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b*
- สังเกตลักษณะการยืดเกาะและความสามารถในสไลด์ (Lennon. 2010)
- วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการละลายน้ำแข็ง (thawing loss) (Serrano *et al*. 2006)
- วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุก (cooking loss) (Serrano *et al*. 2006)
- วิเคราะห์หาการหดตัวของพื้นผิวจากการทำให้สุก (surface shrinkage) (Serrano *et al*. 2006)
- วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis, TPA) (Bourne. 1978)
- วิเคราะห์หาค่า pH (Conte-Junior *et al*. 2008)

2) การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำการศึกษาความชอบของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความชุ่มน้ำ และลักษณะโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale

3) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3.3 การทดลองที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงด้วยวิธี Sous vide

การศึกษากระบวนการทำให้สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่สุกบางด้วยวิธี Sous vide ที่มีความเหมาะสมต่อคุณภาพของสเต็กเนื้อแพะแช่เยือกแข็งขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง โดยทำการให้อุณหภูมิ 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส และระยะเวลาให้ความร้อน มี 3 ระดับ ได้แก่ 42 12 และ 3 นาที ตามลำดับ ทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของสเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงแต่ละกระบวนการผลิต ดังนี้

3.3.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วิเคราะห์ปริมาณผลผลิต
- วิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b*
- วิเคราะห์หาน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุก (cooking loss) (Serrano *et al*. 2006)
- วิเคราะห์หาการหดตัวของพื้นผิวจากการทำให้สุก (surface shrinkage) (*Serrano et al*. 2006)
- วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis, TPA) (Bourne. 1978)

3.3.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิเคราะห์หาค่า pH (Conte-Junior *et al*. 2008)

- วิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด (Palka. 1999)

- วิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำ (Palka. 1999)

3.3.3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- วิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตามสภาวะการเจริญ 2 แบบ (BAM. 2001a)

+ Mesophilic bacteria

+ Psychotropic bacteria

- วิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และรา (BAM. 2001b)

- วิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *S. aureus* (BAM. 2001c)

- วิเคราะห์หาปริมาณ coliform และเชื้อ *E. coli* (BAM. 2002)

- วิเคราะห์หาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* (ISO-6579. 2002)

3.3.3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำการศึกษาความชอบของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความชุ่มน้ำ และลักษณะโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale

3.3.3.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อคัดเลือกกระบวนการขึ้นรูปที่เหมาะสมอย่างน้อย 1 กระบวนการผลิต เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

3.3.4 การทดลองที่ 4 การศึกษาคุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญในผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่ผลิตจากเนื้อแพะแช่เย็นและแช่เยือกแข็งที่ผ่านการคัดเลือกจากข้างต้นมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญ จำนวน 3 รุ่นการผลิต ดังนี้

3.3.4.1 พลังงาน ทั้งปริมาณพลังงานทั้งหมดและปริมาณพลังงานที่ได้จากไขมัน

3.34.2 ปริมาณสารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณมาก เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมันทั้งหมด โปรตีน เถ้า และใยอาหาร เป็นต้น

3.3.4.3 ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุ เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม และเหล็ก เป็นต้น

3.3.4.4 สารอาหารที่ต้องระวังปริมาณการบริโภค เช่น คอเลสเตอรอล โซเดียม ไขมันอิ่มตัว และน้ำตาล เป็นต้น

3.3.4.5 วิเคราะห์หา fatty acid profile

3.3.4.6 วิเคราะห์หา amino acid profile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาคุณภาพเนื้อจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อ

4.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

การศึกษาคุณภาพเนื้อจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อ (สันสะเอว ขาหลัง สะโพก สันซี่โครง ไหล่ ขาหน้า อก คอ และสันใน) ของชิ้นส่วนซากแพะลูกผสมสายเลือดพื้นเมือง × แองโกลนูเบียน × บอร์ จำนวน 4 ตัว ต่อคุณภาพทางกายภาพ โดยค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการละลายน้ำแข็ง (thawing loss) (ตารางที่ 4.1) พบว่า แต่ละชิ้นส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนสันสะเอวของแพะทั้ง 4 ตัวมีค่าสูงสุด คือ 6.69 ซึ่งใกล้เคียงกับชิ้นส่วนสันซี่โครง และสันใน มีค่าเท่ากับ 6.63 และ 6.64 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าทุกชิ้นส่วนให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ Pophiwa *et al.* (2017) ที่รายงานว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการละลายน้ำแข็งอยู่ระหว่าง 2.37-6.05

ค่าสี (CIE L*, a* และ b*) (ตารางที่ 4.1) พบว่า ค่าความสว่าง CIE L* แต่ละชิ้นส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของค่า CIE L* แต่ละชิ้นส่วน มีค่าอยู่ในช่วง 32.27-35.68 ซึ่งชิ้นส่วนของไหล่ มีค่าสูงสุด คือ 35.68 ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 2 มีค่า CIE L* ต่ำกว่าชิ้นส่วนซากแพะตัวอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ใกล้เคียงกับการทดลองของ เฉลิมขวัญ สุขเนียม และคณะ (2552) ที่รายงานว่า ค่า CIE L* ของเนื้อแพะอยู่ที่ 34.26-37.29 โดยค่าของสีจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมัน เนื่องจากเนื้อแพะมีไขมันแทรกน้อยทำให้ค่าความสว่างต่ำ แต่ในขณะที่ค่าสีแดงกลับสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการวิจัยของ Pophiwa *et al.* (2017) พบว่าค่า CIE L* ของเนื้อแพะลูกผสมมีค่าต่ำกว่า แพะสายพันธุ์บอร์ (36.3-40.2)

ส่วนค่าสีแดง CIE a* (ตารางที่ 4.1) พบว่า แต่ละชิ้นส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนแพะทั้ง 4 ตัว มีค่า CIE a* อยู่ในช่วง 10.89-13.17 โดยชิ้นส่วนขาหลังมีค่า CIE a* สูงสุด คือ 13.17 และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 2 มีค่า CIE a* สูงกว่าชิ้นส่วนซากตัวที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ใกล้เคียงกับการทดลองของ เฉลิมขวัญ สุขเนียม และคณะ (2552) ที่รายงานว่า ค่าสีแดง CIE a* ของเนื้อแพะอยู่ที่ 11.14-13.54 และต่ำกว่าการทดลองของ Pophiwa *et al.* (2017) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 18.0-18.8

ในขณะที่ค่าสีเหลือง CIE b* (ตารางที่ 4.1) พบว่า แต่ละชิ้นส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนแพะทั้ง 4 ตัว มีค่า CIE b* อยู่ในช่วง 11.12-12.78 โดยชิ้นส่วนของสันสะเอว มีค่าต่ำสุด คือ 11.12 และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 1 มีค่าต่างกับชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ใกล้เคียงกับการทดลองของ เฉลิมขวัญ สุขเนียม และคณะ (2552) ที่รายงานว่า ค่าสีเหลือง CIE b* ของเนื้อแพะอยู่ที่ 10.32-11.78

นอกจากนี้ค่าความสดใส (Chroma, C*) (ตารางที่ 4.1) โดยค่าความสดใสของสี หมายถึง ถ้าความสดใสของสีเข้าใกล้ 0 ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจาง (เทา) และถ้าเข้าใกล้ 60 ผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม พบว่าค่า C* แต่ละชิ้นส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยค่าเฉลี่ยของค่า C* แต่ละชิ้นส่วนของแพะทั้ง 4 ตัว มีค่าอยู่ในช่วง 16.22-18.54 ซึ่งชิ้นส่วนของขาหลัง มีค่าสูงสุด คือ 18.54 ซึ่งใกล้เคียงกับสันใน คือ 18.13 (P>0.05) และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 1 มีแนวโน้มของค่า C*ใกล้เคียงกับกับชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 3 และ 4 แต่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งค่าความสดใสจะต่ำกว่าการทดลองของ Pophiwa *et al.* (2017) โดยจะแปรผันตามค่า CIE a* และ CIE b*

และค่าองศาของสี (Hue angle, h*) (ตารางที่ 4.1) เป็นค่าที่แสดงถึงสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็นชัด ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศาเซลเซียส โดยแต่ละช่วงแสดงสีแตกต่างกัน พบว่าค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว มีค่า h* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 41.64-45.14 โดยส่วนสะโพกมีค่าต่ำสุด คือ 41.64 แสดงว่าชิ้นส่วนสะโพกดังกล่าวแสดงถึงโทนสีม่วงถึงสีส้มแดง และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว มีค่า h* แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 37.33-48.95 องศาเซลเซียส แสดงว่าชิ้นส่วนซากแพะดังกล่าวมีโทนสีส้มแดงถึงสีเหลือง ซึ่งสูงกว่าการทดลองของ Pophiwa *et al.* (2017) เนื่องจากค่า h* แสดงให้เห็นถึงองศาสี ถ้าค่า H^o ต่ำสีของเนื้อจะออกโทนแดง และถ้า ค่า H^o สูงเนื้อจะออกสีแดงม่วง

ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก (Cooking loss) (ตารางที่ 4.1) พบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุกของแต่ละชิ้นส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนแพะทั้ง 4 ตัว มีค่าอยู่ในช่วง 23.35-26.46 ซึ่งชิ้นส่วนของขาหน้า มีค่าสูงสุด คือ 26.46 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสันซี่โครง และไหล่ มีค่าเท่ากับ 26.41 และ 26.39 ตามลำดับ (P>0.05) และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับ พิภพ เกิดเมฆ และคณะ (2556) รายงานว่าไม่แตกต่างในระหว่างสายพันธุ์ซึ่งเป็นค่าปกติสำหรับเนื้อแพะ มีค่าใกล้เคียงกับ Schonfeldt *et al.* (1993) พบว่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อแพะหลังให้ความร้อน 18-22% นอกจากนี้ยังใกล้เคียงกับการวิจัยของ Kadim *et al.* (2003) และ Webb *et al.* (2005) ที่รายงานว่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก จะอยู่ระหว่าง 21.27-33.36% ซึ่งเป็นอัตราการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุกปกติของเนื้อแพะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางกายภาพของของชิ้นส่วนซากแพะลูกผสมสายสายเลือด (พื้นเมือง x แองโกลนูเบียน x บอร์)

พารามิเตอร์	ชิ้นส่วน สันสะเอว (Loins)	ขาหลัง (Hind leg)	สะโพก (Chump)	สันซี่โครง (Rack)	ไหล่ (Shoulder)	ขาหน้า (Force leg)	อก (Brest)	คอ (Neck)	สันใน (Tenderloins)
Thawing loss	6.69±0.58^{a}	6.11±0.84^{bc}	5.70±0.59^{c}	6.63±1.28^{ab}	6.19±1.33^{bc}	5.94±0.72^{bc}	5.64±0.53^{c}	5.77±0.72^{c}	6.64±0.42^{ab}
Cooking loss	23.35±0.32^{d}	25.27±0.44^{b}	25.21±0.49^{b}	26.41±0.26^{a}	26.39±0.26^{a}	26.46±0.25^{a}	23.51±0.30^{d}	24.32±0.37^{c}	23.53±0.26^{d}
Shrinkage	26.53±0.32^{c}	28.88±0.63^{b}	28.40±0.27^{b}	34.26±0.98^{a}	34.59±0.71^{a}	34.69±1.17^{a}	26.16±0.30^{c}	28.29±0.64^{b}	26.50±0.50^{c}
สี CIE L*	32.86±2.18^{c}	33.52±2.19^{bc}	33.07±1.41^{c}	33.02±1.16^{c}	35.68±2.31^{a}	34.95±2.67^{ab}	33.56±1.63^{bc}	33.73±1.55^{bc}	32.27±0.90^{c}
CIE a*	12.43±1.69^{c}	13.17±2.93^{a}	13.26±2.23^{b}	12.35±2.00^{c}	10.89±3.07^{c}	11.49±2.77^{c}	11.13±2.02^{c}	11.35±3.07^{c}	13.62±2.54^{b}
CIE b*	11.12±0.99^{d}	12.39±1.21^{ab}	11.59±1.13^{bcd}	12.15±1.39^{abc}	11.28±1.41^{cd}	11.82±1.28^{bcd}	11.20±0.77^{d}	11.94±0.67^{bcd}	12.78±0.98^{a}
Chroma (C*)	16.23±1.05^{d}	18.54±1.40^{a}	17.44±0.85^{bc}	17.14±1.37^{c}	16.27±1.52^{d}	16.86±1.54^{cd}	16.22±1.12^{d}	16.92±0.74^{cd}	18.13±0.57^{ab}
Hue angle (h*)	43.34±3.21^{abc}	41.97±2.44^{bc}	41.64±3.17^{c}	45.14±3.57^{a}	44.15±5.11^{abc}	44.55±2.28^{ab}	43.78±2.38^{abc}	44.90±1.69^{a}	44.84±3.09^{a}
Shear Force	4.29±1.20^{e}	5.02±1.02^{d}	4.55±0.86^{e}	5.50±0.96^{c}	5.98±1.29^{b}	6.45±1.94^{a}	6.63±2.58^{a}	4.36±0.81^{e}	4.04±0.52^{e}

§ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ī ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ғ ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear Force) (ตารางที่ 4.1) พบว่าค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อของแต่ละชิ้นส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนแพะทั้ง 4 ตัว มีค่าอยู่ในช่วง 4.04-6.63 โดยชิ้นส่วนของอกมีค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 6.63 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับส่วนของขาหน้า มีค่าเท่ากับ 6.45 ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 3 และ 4มีค่าสูงกว่าชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งใกล้เคียงกับ Babiker *et al*. (1990) รายงานว่าแรงตัดกล้ามเนื้อแพะมีค่าระหว่าง 4.6-6.7 ซึ่งอาจเนื่องมาจากสายพันธุ์ อายุของแพะ และอาหารที่แตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวมีอิทธิพลต่อค่าแรงตัดกล้ามเนื้อ (Van Niekerk and Casey. 1988; Oman *et al*. 1999; Malan. 2000)

ค่าการหดตัวของพื้นที่ผิวหลังการปรุง (shrinkage) (ตารางที่ 4.1) พบว่าการหดตัวของพื้นที่ผิวหลังการปรุงของแต่ละชิ้นส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนแพะทั้ง 4 ตัว มีค่าอยู่ในช่วง 25.99-35.64 โดยชิ้นส่วนของขาหน้ามีค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 34.69 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับส่วนของไหล่ มีค่าเท่ากับ 34.59 ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 1 และ 2 มีค่าสูงกว่าชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.1.2 การศึกษาคุณภาพทางเคมี

การศึกษาคุณภาพเนื้อจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อ (สันสะเอว ขาหลัง สะโพก สันซี่โครง ไหล่ ขาหน้า อก คอ และสันใน) ของชิ้นส่วนซากแพะลูกผสมสายเลือดพื้นเมือง × แองโกลนูเบียน × บอร์ จำนวน 4 ตัว โดยการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และคอลลาเจน) พบว่า ปริมาณความชื้นของชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว มีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ในช่วง 71.09-76.28% ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยส่วนขาหลังมีค่าสูงสุด คือ 76.28% และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าชิ้นส่วนซากแพะตัวที่ 3 กับ 4 มีค่าสูงกว่าซากแพะตัวที่ 1 กับ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.2) สอดคล้องกับการทดลองของ เฉลิมขวัญ สุขเนียม (2552) และ Pratiwi *et al.* (2007) ที่พบว่า เนื้อแพะมีค่าความชื้นระหว่าง 74.62-75.74%

ปริมาณเถ้า (ตารางที่ 4.2) พบว่าค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว มีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ในช่วง 0.75-0.86 ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยส่วนของสันในมีค่าสูงสุด คือ 0.86 และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากงานวิจัยของ Pratiwi *et al.* (2007) รายงานว่าปริมาณเถ้าของเนื้อแพะอยู่ในช่วง 1.0-1.1 เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่าปริมาณเถ้าของเนื้อแพะลูกผสมจะต่ำกว่าแต่ใกล้เคียงกับการทดลองของ Webb *et al.* (2005) ที่รายงานว่าปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 0.95-3.4

ปริมาณโปรตีน (ตารางที่ 4.2) พบว่าค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ในช่วง 18.37-20.63 ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของอกมีค่าสูงสุด คือ 20.63 ซึ่งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองของเฉลิมขวัญ สุขเนียม (2552) และ Pratiwi *et al.* (2007) ที่รายงานว่าโปรตีนของเนื้อแพะลูกผสมมีค่าระหว่าง 21.36-22.52 และใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Webb *et al.* (2005) ที่รายงานว่าโปรตีนเนื้อแพะอยู่ในช่วง 17.7-29.2 และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณไขมัน (ตารางที่ 4.2) พบว่าค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว มีปริมาณไขมันใกล้เคียงกัน แต่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 4.82-14.43 โดยส่วนของสันสะเอวมีค่าสูงสุด คือ 14.43 และส่วนของขาหลังมีค่าต่ำสุด คือ 4.82 และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นส่วนซากแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าชิ้นส่วนซากแพะแต่ละชิ้นส่วนของแพะทั้ง 4 ตัว มีค่าแตกต่างกัน (P<0.05) ซึ่งพบว่าส่วนสันสะเอวทั้ง 4 ตัว มีปริมาณไขมันสูงสุด มีค่าเท่ากับ 15.93, 14.51, 13.17และ 14.11 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วง 4.4-21.2 ตามการทดลองของ Webb *et al.* (2005) และ Tshabalala *et al.* (2003)

ในขณะที่ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) (ตารางที่ 4.2) พบว่า ค่า pH ของแต่ละชิ้นส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนแพะทั้ง 4 ตัว มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.66- 6.21 ซึ่งชิ้นส่วนของอก มีค่าสูงสุด คือ 6.21 รองลงมาคือชิ้นส่วนของไหล่ ขาหน้า คอ สันซี่โครง ขาหลัง สะโพก สันใน และสันสะเอว มีค่าเท่ากับ 5.98, 5.97, 5.94, 5.76, 5.75, 5.72, 5.69 และ 5.66 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบแพะทั้ง 4 ตัว พบว่าชิ้นส่วนซากแพะ ตัวที่ 1 มีค่า pH ต่างกับตัวที่ 2 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ Kadim *et al.* (2003) รายงานว่า ค่า pH ของซากแพะ ควรมีค่าอยู่ในช่วง 5.6-6.19 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างปกติของเนื้อสัตว์ที่ควรจะเป็น

ส่วนการศึกษาปริมาณคอลลาเจน (ตารางที่ 4.2) ทั้งปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคลอลาเจนที่ละลายในน้ำ พบว่า แต่ละชิ้นส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนแพะทั้ง 4 ตัว มีค่าคอลลาเจนทั้งหมด อยู่ในช่วง 6.13-7.57 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งชิ้นส่วนคอมีค่าคอลลาเจนทั้งหมดต่ำที่สุด คือ 6.13 มิลลิกรัมต่อกรัม และชิ้นส่วนที่มีค่าคอลลาเจนทั้งหมดสูงที่สุดคือไหล่ รองลงมาคือ สันซี่โครง ขาหลังสะโพก อก สันสะเอว ขาหน้า สันใน และ คอ มีค่าเท่ากับ 7.57, 7.06, 6.77, 6.74, 6.72, 6.67, 6.64, 6.24 และ 6.13 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับและ เมื่อเทียบแพะทั้ง 4 ตัว พบว่า ซากแพะตัวที่ 4 และตัวที่ 1 มีค่าคอลลาเจนทั้งหมดสูงกว่า ซากแพะตัวที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ เฉลิมขวัญ สุขเนียม (2552) ที่รายงานว่าเนื้อแพะมีปริมาณคอลลาเจนอยู่ในช่วง 7.07-9.44 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยปริมาณคอลลาเจนขึ้นอยู่กับความแปรปรวนอันเนื่องมาจากปริมาณและชนิดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน รวมถึงการทำงานของกล้ามเนื้อ รวมถึงการจัดการและวิธีการเลี้ยง นอกจากนี้ Maiorano *et al.* (2001) และ Wattanachant *et al.* (2008) รายงานว่า ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นตามอายุของสัตว์ โดยคอลลาเจนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีปราณมากที่สุดและมีผลต่อคุณภาพเนื้อในแง่ของความนุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางเคมีของของชิ้นส่วนซากแพะลูกผสมสายสายเลือด (พื้นเมือง x แองโกลนูเบียน x บอร์)

พารามิเตอร์	ชิ้นส่วน								
	สันสะเอว (Loins)	ขาหลัง (Hind leg)	สะโพก (Chump)	สันซี่โครง (Rack)	ไหล่ (Shoulder)	ขาหน้า (Force leg)	อก (Brest)	คอ (Neck)	สันใน (Tenderloins)
ค่าความเป็นกรดด่าง	5.66±0.22[c]	5.75±0.19[c]	5.72±0.28[c]	5.76±0.19[c]	5.98±0.19[b]	5.97±0.19[b]	6.21±0.20[a]	5.94±0.12[b]	5.69±0.26[c]
องค์ประกอบทางเคมี									
ความชื้น	71.09±6.66	76.28±2.32	74.51±2.48	73.22±3.06	74.18±3.09	74.79±4.14	72.98±4.05	75.17±2.98	75.74±2.08
เถ้า	0.79±0.28	0.81±0.31	0.82±0.29	0.80±0.30	0.79±0.29	0.82±0.28	0.80±0.32	0.75±0.29	0.86±0.33
โปรตีน	20.47±1.51	19.94±1.08	19.06±1.33	20.60±1.46	19.91±1.44	18.37±0.99	20.63±1.24	20.60±0.60	20.42±1.06
ไขมัน	14.43±1.46[a]	4.82±1.11[d]	5.76±0.89[cd]	6.10±1.41[c]	9.11±0.97[b]	5.82±1.22[c]	8.92±0.86[b]	5.17±0.81[cd]	4.83±0.83[d]
Total collagen (mg/g)	6.67±1.13[bc]	6.77±0.65[bc]	6.74±0.74[bc]	7.06±1.08[ab]	7.57±0.51[a]	6.64±1.35[b]c	6.72±0.92[bc]	6.13±0.83[c]	6.24±1.10[c]
Soluble collagen (mg/g)	19.09±2.79[bc]	24.08±4.51[a]	21.52±4.11[abc]	20.40±6.51[bc]	19.89±5.11[bc]	22.70±6.69[ab]	20.06±4.27[bc]	21.07±3.72[abc]	18.79±2.21[c]

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[£] ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ส่วนคลอลาเจนที่ละลายในน้ำ พบว่า แต่ละชิ้นส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ยกเว้นซากแพะตัวที่ 3 และ 4 ที่แต่ละชิ้นส่วนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)โดยค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนแพะทั้ง 4 ตัว มีค่าคอลลาเจนทั้งหมด อยู่ในช่วง 18.79-24.08 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยชิ้นส่วนที่มีค่าเฉลี่ยของคอลลาเจนที่ละลายน้ำสูงที่สุดคือ ขาหลัง มีค่าเท่ากับ 24.08 มิลลิกรัมต่อกรัม รองลงมาคือ ขาหน้า สะโพก คอ สันซีโครง อก ไหล่ สันสะเอว และสันใน มีค่าเท่ากับ 22.70, 21.52, 21.07, 20.40, 20.06, 19.89, 19.09 และ18.79 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ เมื่อเทียบแพะทั้ง 4 ตัว พบว่า ซากแพะตัวที่ 3 มีค่าคอลลาเจนที่ละลายน้ำสูงกว่า ซากแพะตัวที่ 1 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จากผลการศึกษาปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่าผลการทดลองของ เฉลิมขวัญ สุขเนียม (2552) และ Wattanachant *et al.* (2008) ที่ศึกษาปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ในเนื้อแพะและพบว่า มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 21.27-28.63 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยคอลลาเจนที่ละลายน้ำยิ่งมีปริมาณมากจะทำให้เนื้อนุ่มและมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำ

4.2 การพัฒนากระบวนการผลิตสเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่

4.2.1 การศึกษากระบวนการหมักมาริเนตเนื้อแพะ

4.2.1.1 การศึกษากระบวนการมาริเนตต่อปริมาณน้ำในสูตรที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 15 และ 20% และปริมาณน้ำส้มสายชูในสัดส่วนที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 0, 1 และ 2 ต่อคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี (ตารางที่ 4.3) พบว่า ปริมาณของน้ำต่อสัดส่วนปริมาณน้ำส้มสายชู ทั้ง 3 ระดับ ไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิต ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าสี ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าแรงเฉือน (P>0.05) โดยปริมาณน้ำในสูตรต่อปริมาณน้ำส้มสายชู ในสัดส่วน 15:2 ให้ผลดีที่สุด โดยมีค่าปริมาณผลผลิตที่สูงที่สุดคือ 126.56% ค่าความเป็นกรดด่าง (5.69)

ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.4) พบว่า ปริมาณของน้ำต่อสัดส่วนปริมาณน้ำส้มสายชู ทั้ง 3 ระดับ ไม่ส่งผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่มเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และความชอบโดยรวม (P>0.05) โดยปริมาณน้ำในสูตรต่อปริมาณน้ำส้มสายชู ในสัดส่วน 15:2 ผู้ทดสอบให้คะแนนสูงสุดในทุกด้าน มีคะแนนเท่ากับ 5.66, 5.90, 6.49, 6.70, 5.83, 6.69 และ 7.01 ตามลำดับ

4.2.1.2 การศึกษาการพัฒนากระบวนการหมักมริเนตสเต็กเนื้อแพะต่อปริมาณเกลือในสูตรที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.6, 0.8 และ 1.2% ปริมาณของเหลวในสูตรโดยมีน้ำมันหอย 3 ระดับ ได้แก่ 0, 0.5 และ 1% ซีอิ๊วขาว 3 ระดับ ได้แก่ 0, 1 และ 2% ต่อปริมาณผลผลิต ค่าสี ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม และค่าแรงเฉือน (ตารางที่ 4.4) พบว่า ปริมาณเกลือในสูตรต่อสัดส่วนของปริมาณของเหลวในสูตร ไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิต ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าสี ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าแรงเฉือน (P>0.05) หรือไม่มีสหสัมพันธ์ร่วมกัน แต่ปริมาณเกลือในสูตรต่อสัดส่วนน้ำมันหอยมีผลต่อค่าปริมาณผลผลิต (P<0.05) สัดส่วนของน้ำมันหอยต่อซีอิ๊วขาวมีผลต่อค่าสี (CIE a*, C*, h*) (P<0.05) รวมถึงค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเนื้อสัมผัส (Gumminess, springiness, Chewiness) โดยปริมาณเกลือในสูตรต่อสัดส่วนปริมาณของเหลวในสูตร ที่ให้ผลดีที่สุดคือ 0.8:1:1 (ปริมาณเกลือ:น้ำมันหอย:ซีอิ๊วขาว)

ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.5) พบว่า ปริมาณเกลือต่อสัดส่วนปริมาณของเหลวในสูตร ทั้ง 3 ระดับ ไม่ส่งผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่มเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และความชอบโดยรวม (P>0.05) แต่ปริมาณน้ำมันหอยต่อซีอิ๊วขาวมีผลต่อ ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความฉ่ำน้ำ (P<0.05) โดยปริมาณเกลือต่อปริมาณของเหลวในสูตร ในสัดส่วน 0.8:1:1 ผู้ทดสอบให้คะแนนสูงสุดในทุกด้าน มีคะแนนเท่ากับ 6.51, 5.65, 5.39, 5.81, 5.27, 4.72 และ 6.99 ตามลำดับ

4.2.2 การศึกษากระบวนการขึ้นรูปเนื้อแพะ โดยใช้เนื้อแพะ 3 ชิ้นส่วน คือ คอ:ขาหลัง:สะโพก (12:70:18) และปริมาณทรานกลูตามิเนต (Activa TG-MH) 1.0 % และปริมาณโซเดียมคาซิเนต (Sodium caseinate) 0.5, 1.0 และ 1.5%

การศึกษากระบวนการขึ้นรูปเนื้อแพะจากการเปรียบเทียบปริมาณ Sodium caseinate ในสูตรที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5% และ 2 ต่อคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี (ตารางที่ 4.6) พบว่าปริมาณผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยการใช้โซเดียมคาซิเนตปริมาณ 1.0% ร่วมกับทรานกลูตามิเนต ในปริมาณ 1.0% ให้ผลที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้โซเดียมคาซิเนตปริมาณ 0.5 และ 1.5% ส่วนการใช้โซเดียมคาซิเนตปริมาณร่วมกับทรานกลูตามิเนต ในอัตราส่วนต่าง ๆ ไม่มีผลต่อค่าค่า CIE a*, CIE b*, C*, h* และค่าความเป็นกรด-ด่าง (p>0.05) ยกเว้นค่า CIE L* ที่พบว่า การใช้โซเดียมคาซิเนตปริมาณ 1.5% ร่วมกับทรานกลูตามิเนตทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือ 1.0 และ 0.5% (P<0.05)

ในกระบวนการขึ้นรูปสเต๊กเนื้อแพะ โดยการใช้โซเดียมคาซิเนตมีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการละลายน้ำแข็ง ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุกและการหดตัวของพื้นที่ผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยการใช้โซเดียมคาซิเนตปริมาณ 1.5% มีส่วนทำให้การสูญเสียน้ำหนักจากการละลายน้ำแข็ง ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุกและการหดตัวของพื้นที่ผิวสูงที่สุด

ส่วนการใช้โซเดียมคาซิเนตในกระบวนการขึ้นรูปสเต๊กเนื้อแพะ โดยมีผลต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม คือ Hardness, Cohesiveness, Gumminess และ Springiness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และการใช้โซเดียมคาซิเนตในกระบวนการขึ้นรูปสเต๊กเนื้อแพะไม่มีผลต่อค่า Chewiness (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณน้ำส้มสายชูต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ในกระบวนการหมักมาริเนต

ปริมาณน้ำ	10%			15%			20%			P-value (P<0.05)		
น้ำส้มสายชู	0	1	2	0	1	2	0	1	2	น้ำ	น้ำส้มสายชู	Interaction
% yield	110.41	111.65	113.44	116.98	124.43	126.56	122.69	123.33	128.99	0.000	0.001	0.125
pH	6.05±0.03[1]	5.88±0.03	5.77±0.02	6.05±0.04	5.88±0.13	5.69±0.04	6.06±0.03	5.98±0.03	5.76±0.03	0.067	0.000	0.293
ค่าสี CIE L*	36.41±0.08	36.76±0.02	36.87±0.03	36.45±0.03	36.82±0.03	37.08±0.03	36.46±0.03	36.92±03	37.03±0.14	0.001	0.036	0.070
CIE a*	9.23±0.57	6.65±0.82	6.93±1.36	10.29±0.90	7.65±2.48	8.70±1.39	9.48±0.37	8.26±0.71	7.69±0.42	0.000	0.000	0.053
CIE b*	14.19±4.66	10.81±0.15	11.13±0.67	13.92±0.76	12.43±2.31	12.34±0.64	12.31±0.08	12.19±0.56	11.42±0.17	0.372	0.034	0.470
Chroma (C*)	14.92±1.40	12.70±0.49	13.14±1.11	17.32±0.85	14.62±3.20	15.12±1.28	15.44±0.19	14.74±0.17	13.77±0.42	0.079	0.069	0.892
Hue angle (h*)	51.43±3.44	58.48±3.00	58.28±4.40	53.55±2.74	58.92±4.39	54.97±3.20	52.42±1.01	55.85±3.44	56.04±1.03	0.072	0.000	0.004
Shear force	43.85±0.04	43.22±0.07	43.05±0.03	43.75±0.05	43.26±0.04	43.03±0.02	43.81±0.05	43.25±0.05	43.04±0.03	0.121	0.000	0.080
ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม												
Hardness (N)	15.58±0.03	15.44±0.05	15.41±0.02	15.57±0.02	15.41±0.02	15.39±0.02	15.65±0.04	15.43±0.03	15.40±0.03	0.043	0.000	0.110
Cohesiveness	0.70±0.01	0.71±0.01	0.72±0.01	0.70±0.01	0.71±0.06	0.72±0.01	0.70±0.01	0.71±0.02	0.72±0.03	0.947	0.052	0.978
Gumminess (N)	11.32±0.04	11.25±0.04	10.93±0.05	11.37±0.02	11.27±0.02	10.96±0.02	11.38±0.01	11.32±0.02	10.97±0.01	0.001	0.000	0.864
Springiness	0.67±0.04	0.65±0.09	0.69±0.12	0.82±0.23	0.73±0.32	0.79±0.14	0.81±0.21	0.78±0.21	0.77±0.31	0.000	0.014	0.121
Chewiness (N)	7.58±0.25	7.31±0.254	7.54±0.25	9.32±0.23	8.26±0.38	8.73±0.57	9.19±0.51	8.83±0.13	8.45±0.21	0.000	0.004	0.101

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.4 ผลของปริมาณน้ำส้มสายชูต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ในกระบวนการหมักมาริเนต

ปริมาณน้ำ	10%			15%			20%			P-value (P<0.05)		
น้ำส้มสายชู	0	1	2	0	1	2	0	1	2	น้ำ	น้ำส้มสายชู	Interaction
ลักษณะปรากฏ	5.38±0.06[1]	5.42±0.07	5.63±0.07	5.36±0.20	5.46±0.03	5.66±0.02	5.36±0.04	5.44±0.05	5.63±0.07	0.913	0.000	0.975
สี	5.51±0.02	5.64±0.02	5.87±0.03	5.54±0.05	5.67±0.03	5.90±0.03	5.57±0.07	5.66±0.03	5.83±0.03	0.212	0.000	0.130
กลิ่น	6.24±0.07	6.32±0.09	6.43±0.01	6.27±0.03	6.36±0.03	6.49±0.06	6.27±0.04	6.34±0.05	6.46±0.06	0.267	0.000	0.959
รสชาติ	6.35±0.03	6.42±0.03	6.67±0.02	6.37±0.02	6.46±0.03	6.70±0.01	6.38±0.01	6.48±0.02	6.68±0.03	0.011	0.000	0.420
ความนุ่มเนื้อ	5.43±0.03	5.51±0.02	5.83±0.03	5.45±0.02	5.53±0.01	5.83±0.02	5.44±0.02	5.53±0.02	5.82±0.03	0.392	0.000	0.093
ความฉ่ำน้ำ	5.56±0.11	6.21±0.08	6.67±0.04	5.57±0.01	6.32±0.02	6.69±0.02	5.52±0.01	6.28±0.07	6.67±0.04	0.168	0.000	0.131
ความชอบโดยรวม	6.65±0.03	6.84±0.05	6.95±0.02	6.67±0.02	6.88±0.01	7.01±0.01	6.66±0.01	6.87±0.02	6.98±0.02	0.020	0.000	0.513

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.5 ผลของเกลือ น้ำมันหอยและซีอิ้วขาวต่อคุณภาพทางกายภาพ- เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ในกระบวนการขึ้นรูป

ปริมาณเกลือ:น้ำมันหอย	0.6:0			0.6:0.5			0.6:1		
ซีอิ้วขาว	0	1	2	0	1	2	0	1	2
ปริมาณผลผลิต (% yield)	111.54	113.64	114.44	118.78	119.99	121.99	117.98	121.08	123.98
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	5.74±0.05	5.76±0.02	5.82±0.02	5.73±0.02	5.76±0.04	5.72±0.01	5.87±0.02	5.84±0.04	5.91±0.02
ค่าสี CIE L*	35.33±0.58	36.67±0.09	37.37±0.31	35.88±0.09	36.95±0.03	37.84±0.17	35.43±0.48	36.96±0.03	37.84±0.17
CIE a*	10.31±0.04	9.89±0.05	9.48±0.02	10.27±0.08	9.82±0.09	9.67±0.03	10.40±0.07	9.88±0.06	9.68±0.10
CIE b*	12.40±0.20	12.53±0.02	12.65±0.03	12.40±0.30	12.52±0.01	12.65±0.04	12.41±0.01	12.54±0.04	12.64±0.04
Chroma (C*)	16.13±0.12	15.97±0.04	15.81±0.02	16.10±0.25	15.91±0.05	15.93±0.02	16.19±0.04	15.97±0.3	15.92±0.40
Hue angle (h*)	50.26±0.58	51.72±0.08	53.17±0.09	50.35±0.64	51.88±0.29	52.60±0.16	50.04±0.20	51.76±0.22	52.54±0.36
ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม									
Hardness (N)	17.18±0.01	16.93±0.05	16.72±0.03	17.16±0.04	16.93±0.04	16.73±0.08	17.15±0.02	16.93±0.43	16.79±0.10
Cohesiveness	0.72±0.01	0.71±0.01	0.70±0.01	0.72±0.01	0.71±0.02	0.70±0.01	0.72±0.01	0.71±0.02	0.70±0.01
Gumminess (N)	12.32±0.04	11.75±0.01	11.43±0.02	12.42±0.03	11.75±0.03	11.43±0.04	12.38±0.05	11.75±0.03	11.43±0.03
Springiness	0.67±0.02	0.65±0.02	0.69±0.02	0.73±0.03	0.78±0.05	0.82±0.02	0.77±0.02	0.78±0.0	0.80±0.04
Chewiness (N)	8.25±0.27	7.64±0.24	7.88±0.21	10.18±0.27	8.62±0.41	8.99±0.54	9.99±0.56	9.17±0.14	8.80±0.21
ค่าแรงเฉือน (Shear force (N))	64.38±0.10	63.39±0.04	62.26±0.03	64.40±0.02	63.35±0.02	62.22±0.04	64.40±0.02	63.35±0.02	62.22±0.04
การทดสอบทางประสาทสัมผัส									
ลักษณะปรากฏ	6.27±0.02	6.46±0.02	6.31±0.02	6.25±0.02	6.49±0.01	5.36±1.21	6.25±0.02	6.51±0.02	6.32±0.01
สี	5.37±0.02	5.43±0.04	5.56±0.03	5.37±0.03	5.46±0.02	5.56±0.02	5.37±0.03	5.65±0.04	5.54±0.04
กลิ่น	5.34±0.04	5.34±0.02	5.37±0.05	5.32±0.03	5.36±0.02	5.39±0.01	5.34±0.05	5.39±0.01	5.36±0.03
รสชาติ	5.67±0.02	5.87±0.02	5.78±0.06	5.62±0.02	5.45±0.04	5.36±0.03	5.67±0.03	5.81±0.07	5.17±0.03
ความนุ่มเนื้อ	5.17±0.02	5.23±0.03	5.15±0.03	5.17±0.03	5.23±0.03	5.19±0.02	5.17±0.02	5.27±0.01	5.17±0.01
ความฉ่ำน้ำ	4.12±0.02	4.76±0.03	4.67±0.02	4.27±0.02	4.76±0.02	4.66±0.02	4.15±0.03	4.72±0.03	4.64±0.04
ความชอบโดยรวม	6.31±0.02	6.94±0.04	6.13±0.01	6.31±0.02	6.94±0.04	6.15±0.03	6.34±0.04	6.99±0.04	6.12±0.02

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ผลของเกลือ น้ำมันหอยและซีอิ้วขาวต่อคุณภาพทางกายภาพ- เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ในกระบวนการขึ้นรูป

ปริมาณเกลือ:น้ำมันหอย	0.8:0			0.8:0.5			0.8:1		
ซีอิ้วขาว	0	1	2	0	1	2	0	1	2
ปริมาณผลผลิต (% yield)	120.33	122.03	124.24	120.89	123.98	125.98	119.38	120.98	123.07
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	5.75±0.03	5.75±0.02	5.83±0.06	5.74±0.03	5.75±0.03	5.77±0.03	5.86±0.03	5.87±0.03	5.91±0.06
ค่าสี CIE L*	35.45±0.11	36.59±0.03	37.76±0.11	35.75±0.11	36.64±0.32	37.77±0.40	35.50±0.01	36.64±0.01	37.93±0.11
CIE a*	10.64±0.19	9.84±0.07	9.42±0.08	10.25±0.09	9.80±0.09	9.61±0.01	10.39±0.1	9.89±0.08	9.98±0.06
CIE b*	12.42±0.08	12.56±0.01	12.65±0.03	12.38±0.07	12.55±0.04	12.64±0.02	12.42±0.04	12.59±0.06	12.66±0.02
Chroma (C*)	16.36±0.18	15.96±0.04	15.77±0.06	16.08±0.08	15.93±0.08	15.88±0.02	16.19±0.08	16.01±0.05	15.93±0.05
Hue angle (h*)	49.40±0.39	51.91±0.18	53.31±0.24	50.37±0.30	52.03±0.26	52.74±0.03	50.08±0.23	51.84±0.21	52.63±0.03
ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม									
Hardness (N)	17.16±0.03	16.91±0.03	16.73±0.03	17.14±0.04	16.93±0.03	16.72±0.02	17.15±0.04	16.95±0.03	16.70±0.02
Cohesiveness	0.72±0.01	0.71±0.01	0.70±0.01	0.72±0.01	0.71±0.01	0.70±0.01	0.72±0.02	0.71±0.02	0.70±0.01
Gumminess (N)	12.33±0.02	11.85±0.02	11.41±0.03	12.51±0.04	12.51±0.02	11.43±0.03	12.34±0.02	11.54±0.03	11.44±0.02
Springiness	0.68±0.02	0.66±0.03	0.71±0.01	0.83±0.01	0.74±0.03	0.77±0.03	0.83±0.02	0.78±0.01	0.78±0.01
Chewiness (N)	8.39±0.34	7.82±0.44	8.11±0.10	10.47±0.54	8.79±0.44	8.88±0.39	10.28±0.26	9.08±0.07	9.00±0.05
ค่าแรงเฉือน (Shear force (N))	64.38±0.01	63.37±0.02	62.23±0.02	64.23±0.05	63.37±0.02	62.26±0.02	64.26±0.05	63.36±0.01	62.23±0.01
การทดสอบทางประสาทสัมผัส									
ลักษณะปรากฏ	6.27±0.02	6.46±0.02	6.31±0.02	6.25±0.02	6.49±0.01	5.36±1.21	6.25±0.02	6.51±0.02	6.32±0.01
สี	5.37±0.02	5.43±0.04	5.56±0.03	5.37±0.03	5.46±0.02	5.56±0.02	5.37±0.03	5.65±0.04	5.54±0.04
กลิ่น	5.34±0.04	5.34±0.02	5.37±0.05	5.32±0.03	5.36±0.02	5.39±0.01	5.34±0.05	5.39±0.01	5.36±0.03
รสชาติ	5.67±0.02	5.87±0.02	5.78±0.06	5.62±0.02	5.45±0.04	5.36±0.03	5.67±0.03	5.81±0.07	5.17±0.03
ความนุ่มเนื้อ	5.17±0.02	5.23±0.03	5.15±0.03	5.17±0.03	5.23±0.03	5.19±0.02	5.17±0.02	5.27±0.01	5.17±0.01
ความฉ่ำน้ำ	4.12±0.02	4.76±0.03	4.67±0.02	4.27±0.02	4.76±0.02	4.66±0.02	4.15±0.03	4.72±0.03	4.64±0.04
ความชอบโดยรวม	6.31±0.02	6.94±0.04	6.13±0.01	6.31±0.02	6.94±0.04	6.15±0.03	6.34±0.04	6.99±0.04	6.12±0.02

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ผลของเกลือ น้ำมันหอยและซีอิ้วขาวต่อคุณภาพทางกายภาพ- เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ในกระบวนการขึ้นรูป

ปริมาณเกลือ:น้ำมันหอย	1.2:0			1.2:0.5			1.2:1		
ซีอิ้วขาว	0	1	2	0	1	2	0	1	2
ปริมาณผลผลิต (% yield)	118.98	120.98	123.07	118.45	120.65	125.67	120.33	123.89	128.38
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	5.76±0.02	5.79±0.06	5.83±0.08	5.75±0.05	5.78±0.01	5.78±0.01	5.85±0.01	5.80±0.09	5.84±0.07
ค่าสี CIE L*	35.70±0.21	36.30±0.23	37.93±0.26	35.97±0.01	36.26±0.23	37.72±0.26	35.43±0.42	36.72±0.15	37.93±0.11
CIE a*	10.30±0.12	9.64±0.21	9.48±0.16	10.30±0.10	9.82±0.16	9.63±0.02	10.39±0.08	9.87±0.01	9.68±0.27
CIE b*	12.37±0.01	12.55±0.04	12.64±0.04	12.40±0.07	12.53±0.04	12.65±0.03	12.42±0.02	12.54±0.02	12.64±0.04
Chroma (C*)	16.10±0.08	15.83±0.16	15.80±0.07	16.13±0.03	15.92±0.13	15.90±0.02	16.19±0.03	15.96±0.03	15.92±0.16
Hue angle (h*)	50.21±0.31	52.47±0.52	53.14±0.54	50.29±0.42	51.93±0.39	52.73±0.12	50.07±0.26	51.77±0.02	52.57±0.78
ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม									
Hardness (N)	17.14±0.03	17.94±0.75	16.74±0.03	17.17±0.02	16.96±0.04	16.74±0.04	17.14±0.04	16.95±0.04	16.76±0.04
Cohesiveness	0.71±0.02	0.71±0.02	0.70±0.01	0.72±0.02	0.72±0.03	0.70±0.01	0.72±0.01	0.71±0.01	0.70±0.01
Gumminess (N)	12.32±0.04	11.78±0.01	11.85±0.03	12.56±0.04	11.85±003	101.43±0.03	12.68±0.54	11.72±0.02	11.43±0.02
Springiness	0.68±0.01	0.67±0.02	0.72±0.01	0.82±0.01	0.74±0.02	0.79±0.03	0.84±0.03	0.81±0.03	0.78±0.01
Chewiness (N)	8.46±0.10	7.94±0.25	8.24±0.11	10.63±0.10	8.85±0.25	9.11±0.37	10.65±0.64	9.46±0.35	8.91±0.11
ค่าแรงเฉือน (Shear force (N))	64.39±0.03	63.34±0.03	62.25±0.04	64.28±2.39	63.21±0.11	62.24±0.01	64.27±0.07	63.36±0.03	62.24±0.03
การทดสอบทางประสาทสัมผัส									
ลักษณะปรากฏ	6.25±0.02	6.46±0.02	6.31±0.02	6.25±0.02	6.47±0.01	3.30±0.01	6.26±0.03	6.50±0.02	6.30±0.02
สี	5.37±0.04	5.43±0.05	5.53±0.01	5.37±0.03	5.35±0.04	5.45±0.04	5.35±0.02	5.63±0.02	5.55±0.03
กลิ่น	5.34±0.06	3.36±0.03	5.36±0.03	5.35±0.03	5.36±0.03	5.38±0.01	5.34±0.04	5.35±0.04	5.36±0.03
รสชาติ	5.67±0.02	5.85±0.01	5.78±0.01	5.62±0.06	5.45±0.04	5.34±0.04	5.64±0.03	5.78±0.20	5.14±0.02
ความนุ่มเนื้อ	5.15±0.02	5.25±0.04	5.16±0.03	5.18±0.01	5.24±0.03	5.15±0.03	5.15±0.03	5.26±0.03	5.23±0.02
ความฉ่ำน้ำ	4.12±0.02	4.76±0.15	4.66±0.01	4.27±0.02	4.75±0.01	4.65±0.02	4.16±0.03	4.75±0.04	4.67±0.03
ความชอบโดยรวม	6.31±0.01	6.94±0.04	6.12±0.02	6.30±0.02	6.96±0.01	6.14±0.02	6.32±0.02	6.96±0.01	6.14±0.02

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ผลของเกลือ น้ำมันหอยและซีอิ้วขาวต่อคุณภาพทางกายภาพ- เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่ในกระบวนการขึ้นรูป

	p-value ($p<0.05$)						
	เกลือ	น้ำมันหอย	ซีอิ้วขาว	เกลือ x น้ำมันหอย	เกลือ x ซีอิ้วขาว	น้ำมันหอย x ซีอิ้วขาว	Interaction
ปริมาณผลผลิต (% yield)	0.000	0.000	0.000	0.065	0.967	0.796	0.854
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	0.506	0.000	0.002	0.846	0.981	0.162	0.923
ค่าสี CIE L*	0.807	0.055	0.000	0.636	0.206	0.128	0.913
CIE a*	0.289	0.005	0.000	0.105	0.196	0.051	0.147
CIE b*	0.812	0.784	0.000	0.974	0.966	0.992	0.975
Chroma (C*)	0.300	0.022	0.000	0.224	0.513	0.059	0.415
Hue angle (h*)	0.521	0.031	0.000	0.293	0.291	0.052	0.393
ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม	0.329	0.416	0.000	0.469	0.389	0.468	0.442
Hardness (N)							
Cohesiveness	0.416	0.446	0.000	0.426	0.912	0.933	0.995
Gumminess (N)	0.087	0.049	0.000	0.072	0.335	0.063	0.242
Springiness	0.090	0.000	0.000	0.967	0.960	0.054	0.971
Chewiness (N)	0.003	0.000	0.000	0.983	0.808	0.053	0.846
ค่าแรงเฉือน (Shear force (N))	0.449	0.264	0.000	0.904	0.663	0.627	0.866
การทดสอบทางประสาทสัมผัส							
ลักษณะปรากฏ	0.222	0.004	0.000	0.877	0.632	0.051	0.287
สี	0.006	0.000	0.000	0.033	0.119	0.061	0.147
กลิ่น	0.312	0.225	0.005	0.325	0.313	0.241	0.421
รสชาติ	0.213	0.000	0.000	0.775	0.994	0.072	0.923
ความนุ่มเนื้อ	0.419	0.429	0.000	0.117	0.405	0.231	0.056
ความฉ่ำน้ำ	0.493	0.004	0.000	0.365	0.558	0.056	0.698
ความชอบโดยรวม	0.028	0.080	0.000	0.287	0.084	0.074	0.992

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.6 ผลของ Sodium caseinate ต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะในกระบวนการขึ้นรูป

ปริมาณ Sodium caseinate	0.5	1.0	1.5
% yield	122.53±0.98[a, §,£]	122.98±0.58[a]	118.68±0.86[b]
pH	6.01±0.04	6.01±0.03	6.12±0.09
Thawing loss	8.09±0.23[b]	7.98±0.26[b]	8.98±0.14[a]
Cooking loss	18.34±0.15[c]	18.57±0.12[b]	22.34±0.23[a]
shrinkage	11.89±0.34[b]	10.34±0.12[c]	14.24±0.23[a]
ค่าสี CIE L*	31.85±0.57[b]	31.86±3.16[b]	36.70±1.57[a]
CIE a*	9.89±0.87	8.59±1.48	9.89±0.87
CIE b*	13.50±0.08	13.32±0.57	12.67±1.59
Chroma (C*)	16.68±0.52	16.00±1.40	14.47±1.53
Hue angle (h*)	54.16±3.08	56.70±4.12	61.05±2.42
ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม			
Hardness (N)	14.6529±0.90[b]	12.5670±0.91[c]	17.2149±0.40[a]
Cohesiveness	10.4876±0.63[b]	9.3099±0.50[b]	12.7230±0.99[a]
Gumminess (N)	10.4875±0.64[b]	9.3435±0.45[b]	12.7195±0.99[a]
Springiness	0.8542±0.02[a]	0.8199±0.03[a]	0.7355±0.03[b]
Chewiness (N)	8.8896±0.77	7.6378±0.95	9.3703±1.11

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[£] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงด้วยวิธี Sous vide

การศึกษากระบวนการปรุงสุกด้วยวิธี Sous vide โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 2 ปัจจัยคือระดับการให้ความร้อน (60 65 และ 70 องศาเซลเซียส) และ ระยะเวลาให้ความร้อน (42 12 และ 3 นาที) ต่อคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี (ตารางที่ 4.8) จุลินทรีย์ (ตารางที่ 4.7) ประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.8) โดยการเลือกใช้ระดับการให้ความร้อน และ ระยะเวลาให้ความร้อน เป็นไปตามมาตรฐานของระดับความปลอดภัยด้านการใช้ความร้อนต่อการปรุงสุกด้วยวิธีการ Sous-vide โดยอาศัยเกณฑ์ความปลอดภัยในระดับการพาสเจอร์ไรส์ ต่อคุณภาพของอาหารประเภทเนื้อสัตว์ (New South Wales Government Food Authority. 2015) ระดับการให้ความร้อนมีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ (ตารางที่ 4.7) โดยเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการปรุงด้วยวิธี sous-vide จะทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลง โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศแบบ mesophilic และ psychotropic อยู่ในช่วง 3.06-3.18 และ 2.49-2.56 log cfu/g ยีสต์และราที่ต่ำกว่า 1 log

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cfu/g ส่วนจุลินทรีย์ก่อโรค คือ *staphylococcus aureus* พบมีการเจรญต่ำกว่า 1 log cfu/g ส่วน *Salmonella* spp. ไม่พบในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานจุลินทรีย์และภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ส่วน *Escherichia coli* และ coliform เป็นตัวบ่งชี้ความสะอาดในผลิตภัณฑ์อาหารจึงไม่มีการกำหนดในมาตรฐานอาหาร แต่ควรเจอไม่เกิน 3 MPN/g สำหรับ *E.* coli และ ไม่เกิน 1,100 MPN/g สำหรับ coliform ซึ่งการใช้ความร้อนทั้ง 3 ระดับ มีค่าของ *E.* coli และ coliform ไม่เกิน <3 MPN/g จากผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนมีผลต่อการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์เป็นไปตามการทดลองของ Baldwin. (2012) และ Pulgar *et al.* (2012) ซึ่งใกล้เคียงกับเกณฑ์ผลิตภัณฑ์ปรุงสุกด้วยวิธีการ sous-vide ของมาตรฐาน FDA (FDA. 2011) ที่รายงานว่าและยืนยันว่าอุณหภูมิและเวลาในการ sous-vide เพียงพอต่อการพาสเจอร์ไรส์

ตารางที่ 4.7 ผลของวิธีการ Sous-vide ต่อคุณภาพทางจุลินทรย์ของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูป

พารามิเตอร์	เนื้อสด	วิธีการ Sous-vide		
		60ºC 42 นาที	65ºC 12 นาที	70ºC 3 นาที
Aerobic bacteria				
Mesophilic bacteria (log cfu/g)	4.22±0.09	3.18±0.21	3.08±0.13	3.06±0.27
Psychotropic bacteria	3.42±0.07	2.56±0.16	2.50±0.24	2.49±0.22
ยีสต์	<1	<1	<1	<1
รา	<1	<1	<1	<1
Staphylococcus.aureus (log cfu/g)	<1	<1	<1	<1
Escherichia coli (MPN/g)	<3	<3	<3	<3
Coliform (MPN/g)	240	<3.6	<3.6	<3.6
Salmonella spp. (log cfu/g)	ND	ND	ND	ND

มาตรฐานจุลินทรีย์และภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ประเทศไทย กำหนดว่า Total plate counts <5.7 log cfu/g *Staphylococcus.aureus* < 2.0 log cfu/g *Escherichia coli* <3 MPN/g *Salmonella* spp. not detected

£ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ตารางที่ 4.8) ที่ระดับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดคือ 5.85 รองลงมาคือ 65 และ 70 องศาเซลเซียส (5.84 และ 5.68 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบ ปัจจัยทั้ง 3 ระดับ แต่ละปัจจัยไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก (cooking loss) (ตารางที่ 4.8) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิในการให้ความร้อน (P>0.05) โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำให้มีการสูญเสียน้ำมากที่สุด คือ 29.22 รองลงมาคือ 65 และ 60 องศาเซลเซียส (24.62 และ 20.71 ตามลำดับ) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Roldán *et al.* (2013) และ Pulgar *et al.* (2012) ที่รายงานว่าค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุกของเนื้อแกะจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยที่อุณภูมิ 80 องศาเซลเซียส ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุกมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่าการหดตัวของพื้นที่ผิว (shrinkage) ที่ยิ่งมีการสูญเสียน้ำมากจะทำให้การหดตัวเพิ่มมากขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีการหดตัวของพื้นที่ผิวมากที่สุด รองลงมาคือ 65 และ 60 องศาเซลเซียส (22.16, 16.83, และ 13.26 ตามลำดับ) แต่อุณหภูมิการให้ความร้อนทั้ง 3 ระดับมีผลต่อค่าการหดตัวของพื้นที่ผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ส่วนการศึกษาค่าคอลลาเจนที่ละลายน้ำ (ตารางที่ 4.8) พบว่าที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสมีค่าคอลลาเจนที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด คือ 26.07 รองลงมาคือ 70 และ 60 องศาเซลเซียส (25.53 และ 20.72 ตามลำดับ) และเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยทั้ง 3 ระดับ แต่ละปัจจัยมีผลต่อปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และคอลลาเจนทั้งหมดพบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดสูงสุด คือ 7.54 มิลลิกรัมต่อกรัม รองลงมาคือ 70 และ 65 องศาเซลเซียส (5.43 และ 5.18 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ) และเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยทั้ง 3 ระดับ แต่ละปัจจัยไม่มีผลต่อปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ส่วนปัจจัยของการให้ความร้อนและเวลาการให้ความร้อน ทั้ง 3 ระดับ มีผลต่อค่าสี CIE L* และ CIE a* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเวลา 12 นาที (ตารางที่ 4.8) มีผลทำให้ค่า CIE L* และ CIE a* สูงที่สุด ยกเว้นค่าสี CIE b* C* และ h* ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Roldán *et al.* (2013) และ Pulgar *et al.* (2012) ที่รายงานว่าอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนมีผลต่อการเสียสภาพโปรตีน และไมโอไฟบริลลา ทำให้ค่า CIE L* เพิ่มขึ้นตามปริมาณการเสียสภาพโปรตีน ส่วนและ CIE a* ลดลงเนื่องจากการเสียสภาพของไมโอโกลบินโดยเฉพาะที่อุณหภูมิระหว่าง 50-55 และ 70 หรือ 80 องศาเซลเซียส (King and Whyte. 2006).ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมพบว่าอุณหภูมิในการให้ความร้อนและระยะเวลามีผลต่อลักษณเนื้อสัมผัสในด้านความแข็ง (hardness) การยืนหยุ่น (gumminess) และ cohesiveness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนค่า springiness และ chewiness แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) การเปลี่ยนแปลงของความนุ่มในเนื้อระหว่างการปรุงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนซึ่งเกิดจากอัตราการสลายตัวของโปรตีนไมโอไฟบริลลาและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยการใช้ความร้อนตั้งแต่ 65 องศาเซลเซียส จะทำให้เนื้อนุ่มขึ้นเพราะโปรตีนซาโคพลาสมิสมีการเปลี่ยนรูปไปเป็นเจลและแตกหักได้ง่ายจากการเคี้ยว ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 65-80 องศาเซลเซียส (Roldán *et al.* 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของวิธีการ Sous-vide ต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพและทางปรสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูป

พารามิเตอร์	วิธีการ Sous-vide		
	60ºC	65ºC	70ºC
	42 นาที	12 นาที	3 นาที
ค่าความเป็นกรดด่าง(pH)	5.85±0.04[§,£]	5.84±0.08	5.68±0.14
cooking loss	20.71±0.39	24.62±3.49	29.22±3.68
shrinkage	13.26±1.61[b]	16.83±1.83[b]	22.16±1.97[a]
Total collagen (mg/g)	7.54±0.77[a]	5.18±0.32[b]	5.43±0.51[b]
% Soluble collagen	20.72±1.79	26.07±6.75	25.53±5.49
ค่าสี CIE L*	38.10±0.41[b]	35.93±0.46[a]	37.16±1.40[b]
CIE a*	8.41±0.56[b]	9.65±0.38[a]	6.48±1.06[c]
CIE b*	13.74±0.45	14.77±0.48	10.46±1.04
Chroma (C*)	16.11±0.65	17.68±0.91	12.35±0.78
Hue angle (h*)	58.56±1.09	57.60±0.09	58.20±0.80
ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม			
Hardness (N)	12.05±0.52[b]	15.19±1.13[a]	12.92±1.08[b]
Cohesiveness	0.68±0.03[b]	0.79±0.01[a]	0.74±0.04[a]
Gumminess (N)	11.39±0.36[b]	14.07±0.84[a]	12.17±.85[b]
Springiness	0.95±0.03	0.92±0.03	0.95±-.04
Chewiness (N)	11.12±0.58[b]	13.75±0.80[a]	12.08±0.81[b]
การทดสอบทางประสาทสัมผัส			
ลักษณะปรากฏ	6.56±0.02	6.36±0.02	6.21±0.02
สี	5.53±0.04	5.13±0.04	5.16±0.03
กลิ่น	5.54±0.02	5.14±0.02	5.17±0.05
รสชาติ	5.97±0.02	5.17±0.02	5.18±0.06
ความนุ่มเนื้อ	5.33±0.03	5.13±0.03	5.05±0.03
ความฉ่ำน้ำ	4.86±0.03	4.66±0.03	4.57±0.02
ความชอบโดยรวม	6.84±0.04	6.34±0.04	6.23±0.01

[§] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[£] ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาคุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญในผลิตภัณฑ์

การศึกษาคุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญในการผลิตภัณฑ์ โดยการนำผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงที่ผ่านการคัดเลือกจากข้างต้นมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญ (ตารางที่ 4.9) พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทกึ่งสุก (pre-cooked) มีปริมาณความชื้น 74.43% โดยผลิตภัณฑ์ปริมาณ 100 กรัม มีพลังงานทั้งหมด 112.91 กิโลแคลอรี ซึ่งเป็นพลังงานจากไขมัน 30.15 กิโลแคลอรี มีปริมาณไขมันทั้งหมด 3.35 กรัม ซึ่งรวมถึงปริมาณไขมันอิ่มตัว 1.45 กรัม และปริมาณคอเลสเตอรอล 56.56 มิลลิกรัม โดยในผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีน 20.69 กรัม โซเดียม 515.36 มิลลิกรัม วิตามินเอ บี 1 บี 2 แคลเซียม และเหล็ก เท่ากับ <10.0, 0.049, 0.112, 24.92, 1.96 มิลลิกรัมตามลำดับ และ เมื่อเทียบกับปริมาณที่ควรบริโภคต่อหน่วยพบว่าพลังงานทั้งหมดคือ 120 กิโลแคลอรี และพลังงานจากไขมัน 30 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 3.5 กรัม ไขมันอิ่มตัว 1.5 กรัม คอเลสเตอรอล 55.0 มิลลิกรัม โปรตีน21 กรัม ซึ่งในผลิตภัณฑ์ไม่พบใยอาหารและน้ำตาล โดยในผลิตภัณฑ์มีปริมาณโซเดียม <2,200 มิลลิกรัมต่อกรัม (ตารางที่ 4.10-11) ซึ่งไม่เกินมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด ตามมาตรฐานวัตถุเจือปนอาหาร (ฉบับที่ 5) เลขที่ 389 (General Standard for Food Additives; GSFA 2017) และลักษณะฉลากสำหรับผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.22-4.23 โดยจะมีทั้งฉลากภาษาไทยและฉลากแบบสากลซึ่งรายละเอียดแสดงถึงปริมาณที่แนะนำต่อวันคือ ไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว คอเลสเตอรอล โซเดียม เท่ากับ 5, 7, 18, 26% ตามลำดับ และปริมาณวิตามินและแร่ธาตุที่แนะนำต่อวันคือ วิตามินเ บี 1 บี 2 แคลเซียม และเหล็ก เท่ากับ 0, 4, 6, 4 และ 15% ตามลำดับ ซึ่งร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี และปริมาณที่ผู้บริโภคควรได้รับสารอาหารต่อวันคือ ไขมันทั้งหมด <65 กรัม ไขมันอิ่มตัว <20 กรัม คอเลสเตอรอล <300 มิลลิกรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 300 กรัม ใยอาหาร 25 กรัม และโซดียม <2000 มิลลิกรัม

การศึกษาคุณค่าทางด้านโภชนาการด้านกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะโดยการส่งวิเคราะห์ ณ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด พบว่าในผลิตภัณฑ์มีปริมาณกรดอะมิโน 21 ชนิด (ตารางที่ 4.12) คือ โดยพบกรดอะมิโนจำเป็น 8 ชนิด คือ ฮีสติดีน (Histidine), ไอโซลิวซีน (Isoleucine), ลิวซีน (Leucine), เมตไทโอนีน (Methionine), ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine), ทรีโอนีน (Threonine), ทริปโตเฟน (Tryptophan) และวาลีน (Valine) ปริมาณ 0.71, 0.78, 1.71, 0.55, 0.85, 0.94 และ 0.95 g/100g ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับสเต๊กเนื้อวัวขึ้นรูปของ Serrano *et al.* 2005 เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อแพะสด พบว่ากรดอะมิโนทั้ง 20 ชนิดมีปริมาณสูงกว่ากรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์และยังพบกรดอะมิโนไม่จำเป็นทุกชนิด ยกเว้น ไฮดรอกไลซีน (Hydroxylysine) ที่ไม่พบทั้งในผลิตภัณฑ์และในเนื้อแพะสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ฉลากโภชนการของผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุง ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคและวิธีการทดสอบ

ฉลากโภชนการ	ต่อ 100 กรัม	ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	%RDI	วิธีทดสอบอ้างอิง
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	112.91	120	-	In-house method TE-CH-169 based on Method of Analysis for Nutrition Labelliing (1993) p.106
พลังงานจากไขมัน(กิโลแคลอรี)	30.15	30	-	In-house method TE-CH-169 based on Method of Analysis for Nutrition Labelliing (1993) p.106
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	3.35	3.5	5	AOAC (2016) 922.06
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	1.45	1.5	7	In-house method TE-CH-208 based on AOAC (2016)996.06
โคเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	56.56	55	18	In-house method based on TE-CH-143 based on AOAC (2016) 994.10
โปรตีน (กรัม) (%N x 6.25)	20.69	21	-	AOAC (2016) 981.10
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	0	0	0	In-house method TE-CH-169 based on Method of Analysis for Nutrition Labelliing (1993) p.106
ใยอาหาร (กรัม)	ไม่พบ	0	0	In-house method TE-CH-076 based on AOAC (2016) 985.29
น้ำตาล (กรัม)	ไม่พบ	0	-	In-house method TE-CH-074 based on based on AOAC (2016) 906.03
โซเดียม (มิลลิกรัม)	515.36	520	26	In-house method TE-CH-134 based on AOAC (2016) 984.27
วิตามินเอ (มิลลิกรัม)	<10.00	(0.00)	0	In-house method TE-CH-120 based on AOAC (2016) 992.06
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.049	(0.05)	4	In-house method TE-CH-157 based on AOAC (2016) 942.23

ตารางที่ 4.9 ฉลากโภชนการของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุง ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคและวิธีการทดสอบ

ฉลากโภชนการ	ต่อ 100 กรัม	ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	%RDI	วิธีทดสอบอ้างอิง
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.112	(0.11)	6	In-house method TE-CH-057 based on J.Agric. Food Chemistry (1984),32
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	24.92	(24.92)	4	In-house method TE-CH-134 based on AOAC (2016) 984.27
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.96	(1.96)	15	In-house method TE-CH-134 based on AOAC (2016) 999.10
เถ้า (กรัม)	1.94	-	-	AOAC (2016) 920.153
ความชื้น (กรัม)	74.43	-	-	AOAC (2016) 950.46 (B)

ตารางที่ 4.10 ฉลากโภชนาการฉบับภาษาไทย

ข้อมูลโภชนาการ			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1 ถุง (100 กรัม)			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อถุง : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด 120 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 30 กิโลแคลอรี)			
ไขมันทั้งหมด	3.5 กรัม		5%
ไขมันอิ่มตัว	1.5 กรัม		7%
โคเลสเตอรอล	55 มิลลิกรัม		18%
โปรตีน	21 กรัม		
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	0 กรัม		0%
ใยอาหาร	0 กรัม		0%
น้ำตาล	0 กรัม		
โซเดียม	520 มิลลิกรัม		26%
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน			
วิตามินเอ	0%	วิตามินบี 1	4%
วิตามินบี 2	6%	แคลเซียม	4%
เหล็ก	15%		
๕ ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า		65 กรัม
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า		20 กรัม
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า		300 มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด			300 กรัม
ใยอาหาร			25 กรัม
โซเดียม	น้อยกว่า		2000 มิลลิกรัม
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน =9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ฉลากโภชนการ ฉบับ ภาษาอังกฤษ ตามมาตรฐาน USA Labeling

Nutrition Fats	
1serving per container Serving size 1 pack (100 g)	
Amount per serving Calories 120	
	% Daily value
Total fat 3.5g	4%
Saturated fat 1.5 g	7%
Trans fat 0 g	
Cholesterol 55 mg	18%
Sodium 520 mg	23%
Total carbohydrate 0g	0%
Dietary fiber 0g	0%
Total sugar 0 g	
Includes 0 g added sugars	0%
Protein 21 g	
Vitamin D 0 mcg	0%
Calcium 20 mg	0%
Iron 2 mg	10%
Potassium 270 mg	6%
* The % daily value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is use for general nutrition advice	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ปริมาณกรดอะมิโน (amino acid profile) ในผลผลิตภัณฑ์ สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุง

Amino acid profile (g/100g)	สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูป
Alanine	1.20
Arginine	1.09
Aspartic acid	2.13
Cystine	<0.20
Glutamic acid	3.54
Glycine	1.13
Histidine	0.71
Hydroxyproline	<0.50
Isoleucine	0.78
Leucine	1.71
Lysine	1.79
Methionine	0.55
Phenylalanine	0.85
Proline	1.01
Serine	0.92
Threonine	0.94
Tyrosine	0.74
Valine	0.95
Tryptophan	0.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ปริมาณกรดไขมัน (fatty acid profile) ในผลผลิตภัณฑ์ สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุง

Fatty acid composition g/100g	สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูป
Saturated fatty acid	0.65
Capric acid (C10:0)	ND
Lauric acid (C12:0)	ND
Tridecanoic acid (C13:0)	ND
Myristic acid (C14:0)	<0.04
Pentadecanoic acid (C15:0)	ND
Palmitic acid (C16:0)	0.38
Heptadecanoic acid (C17:0)	<0.04
Stearic acid (C18:0)	0.27
Arachidic acid (C20:0)	ND
Monounsaturated fatty acid (MUFA)	0.66
Myristoleic acid (C14:1)	ND
Palmitoleic acid (C16:1)	<0.04
Heptadecenoic acid (C17:1)	ND
Elaidic acid (C18:1 trans)	<0.04
Oleic acid (C18:1, Omega-9)	0.66
Polyunsaturated fatty acid PUFA	0.08
Linoleic acid (C18:2, Omega-6)	0.08
y-Linolenic acid (C18:3, Omega-6)	ND
Linolenic acid (C18:3, ALA, Omega-3)	ND
Eicosadienoic acid (C20:2, Omega-6)	ND
Cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid (C20:3, Omega-6)	ND
Eicosatrienoic acid (C20:3, Omega-3)	ND
Arachidonic acid (C20:4, ARA, Omega-6)	<LOQ
Docosadienoic acid (C22:2, Omega-6)	ND
Docosahexaenoic acid (C22:6 DHA, Omega-3)	1.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาคุณค่าโภชนาการด้านกรดไขมันของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปโดยการส่งวิเคราะห์ ณ สถาบันอาหาร (ตารางที่ 4.13) พบว่าในผลิตภัณฑ์มีกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) 0.65 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid : MUFA) 0.66 และกรดไขมันมันไม่อิ่มเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid : PUFA) 0.08 กรัม/100กรัม ซึ่งในกรดไขมันอิ่มตัวประกอบด้วย Myristic acid Palmitic acid Heptadecanoic acid Steric acid ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว คือ Palmitoleic acid Elaidic acid Oleic acid และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน Linoleic acid และ Docosahexaenoic acid ซึ่งปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่พบว่ามีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อวัวขึ้นรูปและแฮมเนื้อแพะรมควัน เนื้อแพะขึ้นรูป นักเก็ตเนื้อแพะ (Ivanovic *et al*. 2016, Lee *et al.* 2017, Rajkumar *et al.* 2014, Serrano *et al.* 2005) โดยกรดไขมันอิ่มตัวหากมีปริมาณมากและหากถูกนำไปใช้ไม่หมดจะทำให้มีแนวโน้มที่จะตกตะกอนในหลอดเลือดและเสี่ยงต่อการอุดตันในหลอดเลือดได้ ส่วน กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวมีประโยชน์ต่อการบริโภค ซึ่งสามารถใช้ทดแทนกรดไขมันอิ่มตัวได้ และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนหากมีปริมาณมากก็ไม่มีการสะสมในร่างกาย กรดไขมันที่พบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันจำเป็น เช่น กรดไขมันลิโนเลอิก (linoleic acid) นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันดีเอชเอ (Docosahexaenoic acid) 1.70 กรัมต่อ100 กรัม มีส่วนช่วยในการทำงานของเนื้อเยื่ออื่น ๆ และช่วยพัฒนาการทางสมอง และลดความรุนแรงของโรคอัลไซเมอร์ เนื่องจากดีเอชเอไปมีผลกระตุ้นการสร้างเซลล์ประสาทที่ถูกทำลายไป (Kawakita *et al.* 2006) การบริโภคเนื้อหรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงนั้น มีข้อควรระวังเนื่องจาก กรดไขมันไม่อิ่มตัวยิ่งสูง จะยิ่งไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้เกิดการหืนของผลิตภัณฑ์และส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ข้อสรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

5.1.1 การศึกษาคุณภาพเนื้อแพะจากต่างตำแหน่งกล้ามเนื้อ จำนวน 9 ชิ้นส่วนในด้านคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของชิ้นส่วนเนื้อแพะ พบว่าเนื้อแพะชิ้นส่วนสะโพก ขาหลัง คอ มีความเหนียวปานกลาง เหมาะกับผลิตภัณฑ์ประเภท สเต๊ก เนื้อย่าง เป็นต้น โดยพิจารณาจากคุณภาพด้านกายภาพ คือ ปริมาณไขมัน คอลลาเจน และค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ

5.1.2 การพัฒนาการกระบวนการผลิตสเต๊กขึ้นรูปพร้อมปรุง

1) การพัฒนากระบวนการหมักมาริเนตเนื้อแพะจากการทดลองปรับอัตราส่วนของส่วนผสมต่าง จนได้สูตที่เหมาะสมคือ น้ำ 15% น้ำส้มสายชู 2% เกลือ 0.8% ซีอิ้วขาว 1% น้ำมันหอย 1% MTGase 1% และ 1% sodium caseinate

2) การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปสเต๊กเนื้อแพะ ได้อย่างเหมาะสมคือ ใช้อุณหภูมิ 60ºC เวลา 43 นาที ได้อย่างถูกต้อง

5.1.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงด้วยวิธี Sous vide โดยพิจารณามาจากคุณภาพด้านจุลินทรีย์ โดยเฉพาะ *Listeria monocytogenes* ที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ประเภท sous-vide คุณภาพด้านเคมี-กายภาพ เช่น ค่าสี คุณภาพเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผู้บริโภค จากสามารถเลือกใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 43 นาที ได้อย่างถูกต้อง

5.1.4 คุณค่าทางโภชนการผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง มีพลังงานทั้งหมด ไม่ได้สูงมากเพียงพอต่อการบริโภค มีปริมาณของคอเลสเตอรอลต่ำและปริมาณสารอาหารที่ควรเฝ้าระวังไม่เกินมาตรฐานและฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์สเต๊กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุงเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นี้ทั้งในสภาวะเร่งและปกติที่อุณหภูมิการเก็บรักษาแช่เย็นและแช่แข็งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบรายงานผลผลิตโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สัญญาเลขที่ 2561-01-04-003

ชื่อโครงการ **(ภาษาไทย)** การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง

(ภาษาอังกฤษ) Development of ready-to-cook restructured goat steak

หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์

หน่วยงานต้นสังกัด ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

งบประมาณการวิจัยที่ได้รับ 450,000 บาท **ปีงบประมาณ** 2561

แหล่งทุนที่ได้รับการจัดสรร

☐ เงินงบประมาณแผ่นดิน/งบบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม

☑ เงินรายได้ (คณะ/วิทยาลัย/วิทยาเขต/สำนัก) ☐ กองทุนวิจัย สจล. ☐ อื่นๆ ระบุ

ความสอดคล้องกับกลุ่มวิจัยของ สจล.

☐ Biomedical	☑ Agriculture & Food	☐ Renewable Energy
☐ ICT Robotics & Automation	☐ ICT Smart City & IoT	☐ Battery & EV
☐ Creative Economy	☐ Materials	☐ Logistics

ผลสำเร็จที่ได้จากการวิจัย

ประเภทผลสำเร็จ	จำนวนผลสำเร็จ	รายละเอียด
☑ **ต้นแบบผลิตภัณฑ์** ☐ ระดับอุตสาหกรรม ☐ ระดับกึ่งอุตสาหกรรม ☐ ระดับภาคสนาม ☑ ระดับห้องปฏิบัติการ ☐ อื่นๆ		ผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมบริโภคพร้อมบริโภคบรรจุถุงสุญญากาศ น้ำหนักสุทธิ 100 กรัม/ถุง ความหนาของผลิตภัณฑ์ 1.5 เซนติเมตร
☐ **ต้นแบบเทคโนโลยี** ☐ ระดับ ☐ ระดับกึ่งอุตสาหกรรม ☐ ระดับภาคสนาม ☐ ระดับห้องปฏิบัติการ ☐ อื่นๆ		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทผลสำเร็จ	จำนวนผลสำเร็จ	รายละเอียด
☐ **กระบวนการใหม่** ☐ ระดับอุตสาหกรรม ☐ ระดับกึ่งอุตสาหกรรม ☐ ระดับภาคสนาม ☐ ระดับห้องปฏิบัติการ ☐ อื่นๆ		
☐ **องค์ความรู้**		
☐ **การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์** ☐ งานวิจัยนำไปสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ ☐ งานวิจัยนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งก่อให้เกิดรายได้ ☐ งานวิจัยนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ☐ การถ่ายทอดเทคโนโลยี ☐ การฝึกอบรม ☐ การสัมมนา ☐ อื่นๆ		
☐ **การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ/สังคม/ชุม** ☐ งานวิจัยสร้างองค์ความรู้แก่สาธารณชนในเรื่องต่างๆ เช่น องค์ความรู้ด้านศิลปวัฒนธรรม สาธารณสุข การบริการจัดการสำหรับวิสาหกิจ (SME) ประชาธิปไตยภาคประชาชน วิถีชีวิตแบบเศรษฐกิจพอเพียง เป็นต้น ☐ การนำองค์ความรู้ไปพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนให้ดีขึ้น ☐ การถ่ายทอดเทคโนโลยี ☐ การฝึกอบรม ☐ การสัมมนา ☐ อื่นๆ		
☐ **การพัฒนากำลังคน** ☐ นักศึกษา ป.โท ☐ นักศึกษา ป.เอก		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทผลสำเร็จ	จำนวนผลสำเร็จ	รายละเอียด
☐ นักวิจัยหลังปริญญาเอก ☐ นักวิจัยภาคเอกชน/ภาคบริการและภาคสังคม		
☐ **ทรัพย์สินทางปัญญา** ☐ สิทธิบัตร ☐ อนุสิทธิบัตร ☐ ลิขสิทธิ์ ☐ เครื่องหมายทางการค้า ☐ ความลับทางการค้า ☐ พันธุ์พืช ☐ อื่นๆ		
☑ **บทความทางวิชาการ** ☑ วารสารระดับนานาชาติ ☐ วารสารระดับชาติ		Sous vided restructured goat steaks: Process optimized by thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* and their quality characteristics. Food Science and Animal Resource. Q3: ISI 1.145 (Accepted paper)
☐ **การประชุม/สัมมนาระดับนานาชาติ** ☐ นำเสนอปากเปล่า ☐ นำเสนอแบบโปสเตอร์		
☐ **การประชุม/สัมมนาระดับชาติ** ☐ นำเสนอปากเปล่า ☐ นำเสนอแบบโปสเตอร์		

ลงชื่อ.....หัวหน้าโครงการ

(ผศ.ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์)

วันที่ 20 กันยายน 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Your manuscript has been accepted for publication

Food Science of Animal Resources <no_reply@guhmok.com>

Sun 9/15/2019 7:32 PM

To: putang3009@hotmail.com <putang3009@hotmail.com>

Food Science of Animal Resources
Online Manuscript Submission System
Indexed in SCIE, SCOPUS, PMC, and KCI
2018 Impact Factor : 1.145
pISSN : 2636-0772 | eISSN : 2636-0780

Manuscript ID : kosfa-2019-00132 (3rd)
Manuscript Type : Original Article
Manuscript Subarea : Meat and Meat Products
Manuscript Title : Sous vided restructured goat steaks: Process optimized by thermal inactivation of Listeria monocytogenes and their quality characteristics

Dear Dr. Pussadee Tangwatcharin

This is Food Science of Animal Resources.

We are pleased to inform you that your work has now been accepted for publication. . All manuscript materials will be forwarded to the publishing staff in the near future. Please log in and check the review result.

The current charge for publication is 70 US dollars (or 70,000 Korean Won) per printed page. Temporary waiver of page charge is enforced for overseas authors. Additionally, 100 US dollars (or 100,000 Korean Won) will be charged for color print per printed page for all authors. Invited review is exempt from page charges.
Only credit card issued in Korea can be used in the system, and overseas authors should use the account transfer. More information is provided in the Fees and Payments menu of manuscript submission system. If you have any question about fast-track process, please contact us via e-mail (kosfa78@hanmail.net).

Editor's comment to author:

Reviewer 1:

The article can be published in its present form.

Reviewer 2:

The manuscript is acceptable for Food Science of Animal Resources

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Editor-in-chief's comment to author:

Please do not reply to this e-mail message. If you have comments or questions, please use the contact information below.

If this email is in the spam folder, please classify this email as non-spam to receive other emails safely.

Best regards,
Cheorun Jo, Editor-in-Chief

Food Science of Animal Resources

- Address: #806, Hangang Hyundai HYEL, 213-12, Saechang-ro, Yongsan-gu, Seoul 04376, Korea
- Phone: +82-2-458-4594
- Email: kosfa78@hanmail.net
- Homepage : http://submission.kosfaj.org/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

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

กรมปศุสัตว์. 2552. ข้อมูลพื้นฐานการปศุสัตว์ ประมวลสถิติปี 2551. สืบค้นจาก http://www.dld.go.th/ict/yearly/yearly50/stat50.html. 10 มีนาคม 2554.

ขวัญสุดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2547. **การใช้ไดโตซานโอลิโกเมอร์ในผลิตภัณฑ์เนื้อกวางขึ้นรูป** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูตา แก้วละเอียด. 2558. **การพัฒนาการตลาดแพะเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในจังหวัดสงขลา**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

นันทโรจน์ เขื่อนแก้ว. 2535. **ผลของไขมันวัวและสารกันหืนต่อคุณภาพของเนื้อขึ้นรูป** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกาศของกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 281). 2547. วัตถุเจือปน. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. สืบค้นจาก http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/0E/00147362.PDF. 6 กรกฎาคม 2560.

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

พิภพ เกิดเมฆ ทนงชัย ชัชวาลย์ ชัชวาล วิริยะสมบัติ และ สุวิทย์ อโนทัยสินทวี. 2556. ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของแพะพื้นเมือง ลูกผสมสองสาย และลูกผสมสามสาย. **BAHGI e-journal** 2013, Vol. 2

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

รัดใจ ปคุณพูลสิน. 2557. **การสกัดและใช้ประโยชน์พอลิแซ็กคาไรด์จากผลสำรองแห้งในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูขึ้นรูป** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันฮาลาล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2560. **กระบี่เมืองแพะหนุนเลี้ยงทั้งระบบรองรับอุตสาหกรรมฮาลาล สู่ AEC**. สืบค้นจาก http://www.halinst.psu.ac.th/th/news-th/halalnews-th/530-aec.html. 6 กรกฎาคม 2560.

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

AOAC. 2005. Official methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) international (18th ed.) Gaithersburg, MD: AOAC International.

Babiker, I.A., El Khider and S.A. Shafie. 1990. Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. Meat Science. 28:273–277.

Baldwin, D.E. 2012. Sous vide cooking: A review. International Journal of Gastronomy and Food Science. 1:15-30.

BAM. 2001a. Aerobic plate count. U.S. Food and Drug Administration. Retrieved on August 10, 2015 from BAM Website: http://http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMetho ds/ucm063346.htm.

BAM. 2001b. Yeasts, Molds and Mycotoxins. U.S. Food and Drug Administration. Retrieved on August 10, 2016 from BAM Website: https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/Laboratory Methods/ucm071435.htm

BAM. 2001c. Bacteriological Analytical Manual online, Chapter 12 on Staphylococcus aureus. U.S. Food and Drug Administration. Available at: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch /LaboratoryMethods/Bacteriological Analytical Manual BAM. January 2001.

BAM. 2002. Escherichia coli. U.S. Food and Drug Administration (Online). Retrieved on July 30, 2015 from BAM Website: https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods /ucm064948.htm

Bernal, V. M., Smajda, C. H., Smith, L. L. and Stanley, D. W. 1987. Interactions in protein/polysaccharide/calcium gels. **Journal of Food Science**. 52:1121-1125.

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.

Boles, J. A. and Shand, P. J. 1998. Effect of comminution method and raw binder system in restructured beef. **Meat Science**. 49:297–301.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Booren, A. M., Jones, K. W., Mandigo, R. W. and Olson, D. G. 1981a. Effects of blade tenderization, vacuum mixing, salt addition, and mixing time on binding of meat pieces into sectioned and formed beef steaks. **Journal of Food Science**. 46:1678 –1680.

Booren, A. M., Mandigo, R. W., Olson, D. G. and Jones, K. W. 1981b. Vacuum mixing influence on characteristics of sectioned and formed beef steak. **Journal of Food Science**. 46:1673 –1677.

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

Casey N. H. 1992. Goat meat in human nutrition. In V International Conference on Goats, March 1992. p. 581-598.

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 (pp. 356–361). Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Ensor, S. A., Ernst, E. A., Sofos, J. N. and Schmidt, G. R. 1989. Quality characteristics of restructured turkey meat with variable alginate/calcium-lactate ratios. **Journal of Food Science**. 54: 558-560.

Ensor, S. A., Sofos, J. N. and Schmidt, G. R. 1991. Differential scanning calorimetric studies of meat protein-alginate mixtures. **Journal of Food Science**. 56:175-179.

Fagan, J. M., Slezka, B. G. and Sohar, I. 1999. Quantitation of 6oxidative damage to tissue proteins. **International Journal of Biochemistry and Cell Biology**. 31:751-757.

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

Glicksman, M. 1982. Food Hydrocolloids, Vol. I. Boca Raton, FL.: CRC Press, Inc.

Gourmet Goat Ltd. 2017. Goat meat nutritional data comparison. http://www.gourmetgoat.co.uk/goat-meat-nutritional-data-comparison. 6 July 2017.

Hoffman, L. C., Kritzinger, B. and Ferreira, A. V. 2005. The effects of region and gender on the fatty acid, aminoacid, mineral, myoglobin and collagen contents of impala (Aepyceros melampus) meat. **Meat Science**. 69:551–558.

Huffman, D. L. 1980. Process for production of a restructured fresh meat product. Patent 4: 210-677.

ISO-6579. 2002. Microbiology- General Guidance on Methods for the detection of Salmonella 4th Ed, International Organisation for Standardization, Geneve, Switzerland.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Ajmi, D. S., Al-Maqbaly, R. S., Al-Saqri, N. M. and Ritchie, A. 2003. An evaluation of the growth, carcass and meat quality characteristics of Omani goat breeds. **Meat Science**. 66:203–210

Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Ajmi, D. S., Al-Maqbaly, R. S., Al-Saqri, N. M. and Ritchie, A. 2003. An evaluation of the growth, carcass and meat quality characteristics of Omani goat breeds. **Meat Science**. 66:203–210

Kim, Y. H. B., Meyers, B., Kim, H. W., Liceaga A. M. and Lemenager, R. P. 2017. Effects of stepwise dry/wet-aging and freezing on meat quality of beef loins. **Meat Science**. 123:57–63.

King, N. J. and Whyte, R. (2006). Does it look cooked? A review of factors that influence cooked meat color. **Journal of Food Science**. 71:31–40.

Lennon, A. M., McDonald, K., Moon, S. S., Ward, P. and Kenny, T. A. 2010. Performance of cold-set binding agents in re-formed beef steaks. **Meat Science**. 85:620–624

Maiorano, G., Filetti, F., Salvatori, G., Gambacorta, M., Bellitti, A. and Oriani, G. 2001. Growth, slaughter and intra-muscular collagen characteristics in Garganica kids. **Small Ruminant Research.** 39:289-294.

Malan, S. W. 2000. The improved Boer goat. Small Rumin. Research. 36:165-170.

New South Wales Government Food Authority. (2015). Sous-vide food safety precautions for restaurants. NSW government food safety strategy 2015-2021. Retrieved from http://www.foodauthority.nsw.gov.au/aboutus/science/food-risk-studies/sou s-vide.htm.

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.

Pophiwa, P., Webb, E. C. and Frylinck, L. 2017. Carcass and meat quality of Boer and indigenous goats of South Africa under delayed chilling conditions. **South African Journal of Animal Science**. 47 (No. 6)

Pratiwi, N. M., Murray, P. J. and Taylor, D. G. 2007. Feral goats in Australia: A study on the quality and nutritive value of their meat. **Meat Science**. 75:168–177.

Pulgar, J. D., Gázquez, 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral A. I. and Ruiz, J. 2013. Effect of different temperature–time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. **Meat Science**. 93: 572–578.

Schonfeldt, H. C., Naude, R. T., Bok, W., Heerden, V. S. M., Sowden, L. and Boshof, E. 1993. Cooking and juiciness related quality characteristics of goat and sheep meat. **Meat Science**. 34:381-394.

Tshabalala, P.A., Strydomb, P.E., Webb, E.C. and De Kock, H.L. 2003. Meat quality of designated South African indigenous goat and sheep breeds. Meat Science. 65:563–570.

Van Niekerk, W.A. and N.H. Casey. 1988. The Boer goat. II. Growth, nutrient requirements, carcass and meat quality. **Small Ruminant Research**. 1:355-368.

Wattanachant, S., Sornprasitt, T. and Polpara, Y. 2008. Quality characteristics of raw and canned goat meat in water, brine, oil and Thai curry during storage. **Songklanakarin Journal Science. Technology.** 30:41-50.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา 2561-01-04-003

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 4 รอบ 24 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2561

☐ แหล่งงบประมาณแผนดิน (แบบปกติ) ☑ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง

(ภาษาอังกฤษ) Development of ready-to-cook restructured goat steak

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย ผศ.ดร. ผุสดี ตังวัชรินทร์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึง 30 กันยายน 2562

ระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึง 30 กันยายน 2562

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 382,500.00บาท 85.00 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) 18 ธันวาคม 2560

งวดที่ 2 บาท % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป)

2. <u>สรุปงบประมาณค่าใช้จ่าย</u>ที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบดำเนินงาน			
- ค่าใช้สอย	**107,000.00**	**72,015.00**	**34,985.00**
ค่าเดินทางประสานงาน	12,000.00	4,630.00	7,370.00
ค่าจ้างเหมาบริการ	95,000.00	67,385.00	27,615.00
- ค่าวัสดุ	**343,000.00**	**384,725.10**	**-41,725.10**
ค่าเนื้อแพะ	112,500.00	158,505.00	15,795.00
ค่าวัสดุวิจัย	26,650.00	23,304.13	9,335.52
ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์	203,850.00	202,915.97	100,827.46
รวม	**450,000**	**456,740.10**	**-6,740.10**

(ผศ.ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์)
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน
20 /กันยายน / 2562

(ผศ.ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์)
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง
20 /กันยายน / 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติคณะผู้วิจัย

<u>หัวหน้าโครงการวิจัย</u>

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางผุสดี ตังวัชรินทร์

(ภาษาอังกฤษ) Mrs. Pussadee Tangwatcharin

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1006 02662 48 0

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. **หน่วยงาน/ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail**

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

โทรศัพท์ 02-326-4313 ต่อ 3641 **มือถือ** 086-9593742

โทรสาร 02-326-43134

E-mail putang3009@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่สำเร็จการศึกษา	ระดับ	ชื่อปริญญา	สถาบัน
2539	ปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับสอง (เกษตรศาสตร์)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2543	ปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตวศาสตร์)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2550	ปริญญาเอก	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีอาหาร)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- จุลชีววิทยาทางเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์
- วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.1 การผลิตและศึกษาคุณลักษณะของแป้ง ใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วยไข่และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมสด

7.2.2 ประสิทธิภาพของเกลือของกรดอินทรีย์ และสารลอริกอาร์จิเนทต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในเนื้อสุกร

7.2.3 อุบัติการณ์ของโรคเต้านมอักเสบแบบแสดงอาการและไม่แสดงอาการและการดื้อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรียก่อโรคเต้านมอักเสบส่วนใหญ่ในฟาร์มโคนม อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

7.2.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่สกัดด้วยน้ำและเมทิลลีนคลอไรด์ในการต้านทานเชื้อ *Listeria monocygenes*

7.2.5 ประสิทธิภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ สารละลายกรด lauric สาร monolaurin และกรด lactic ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Listeria monocytogenes* บนเนื้อสุกรสด

7.2.6 ประสิทธิภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ สารละลายกรด lauric สาร monolaurin และกรด lactic ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylcoccus aureus* บนเนื้อสุกรสด

7.2.7 คุณสมบัติความคงตัวและการต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารที่แยกได้จากเนื้อสุกร

7.2.8 อิทธิพลของกรดแอสคอร์บิกและอุณหภูมิต่อการรอดชีวิตของเชื้อ *Salmonella* sp. ที่อยู่ในสภาวะเครียดด้วยความร้อนในสารละลายเชื้อบริสุทธิ์และเนื้อสุกร

7.2.9 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคในกระบวนการฆ่าและตัดแต่งซากสุกรที่ถูกสุขลักษณะและไม่ถูกสุขลักษณะใน อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

7.2.10 การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์และจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในระหว่างการเก็บรักษาของปลาดุกร้า

7.3. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

7.3.1 หัวหน้าโครงการวิจัย โดยได้รับทุน Consortium programs ทบวงมหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2545 ระยะเวลา 4 ปี

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P., Intrasungkha N. and Griffiths, M.W. 2005. Comparison of methods for the isolation of thermotolerant *Campylobacter* from poultry. J. Food Prot. 68: 616-620.

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P. and Griffiths, M.W. 2006. Morphological and physiological responses of *Campylobacter jejuni* to stress. J. Food Prot. 69: 2747-2753.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P. and Griffiths, M.W. 2007. Media for the aerobic resuscitation of *Campylobacter jejuni***.** J. Food Prot. 70: 1099-1109.

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P. and Griffiths, M.W. 2010. Media for aerobic resuscitation of *Campylobacter jejuni* supported by fumarate respiration. As. J. Food Ag-Ind. 3: 93-107.

2. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P., Intasungkha, N. and Griffiths, M.W. 2004. Evidence of thermotolerant *Campylobacter* contamination in fresh Meat at Songkhla Province, Thailand. Proceeding of the 1st KMITL International Conference on Integration of Science & Technology for Sustainable Development Bangkok, Thailand. 25-26 August 2004. Vol 2: 367-370.

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P.and Griffiths, M.W. 2006. Survival of *Campylobacter jejuni* following starvation or acid-induced stress. Proceeding of the 11th Asian Conference on Diarrhoeal Diseases and Nutrition, Bangkok, Thailand. 8-10 March 2006. pp. 161.

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P.and Griffiths, M.W. 2006. Resuscitation of non-stressed or stressed *Campylobacter jejuni* in different enrichment broths. Proceeding of IAFP 2006 the 93rd Annual Meeting, Calgary, Alberta, Canada. 13-16 August 2006. pp. 144.

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P.and Griffiths, M.W. 2006. A combination of enrichment broth and immunomagnetic separation for the detection of *Campylobacter jejuni* in chicken under aerobic conditions. Proceeding of IAFP 2006 the 93rd Annual Meeting, Calgary, Alberta, Canada. 13-16 August 2006. pp. 144.

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P. and Griffiths, M.W. 2009. Media for aerobic resuscitation of *Campylobacter jejuni* supported by fumarate respiration. Food Innovation Asia Conference 2009. 18-19 June 2009. pp. 24.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.2 หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่องการเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์และจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในระหว่างการเก็บรักษาของปลาดุกร้า โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 2 ประจำงบประมาณ พ.ศ. 2550

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

ผุสดี ตังวัชรินทร์ อำนวย บินแหละ ศราวุธ เหมหมัด และวลัยรัตน์ นาเลื่อน. 2553. คุณภาพทางจุลินทรีย์และทางกายภาพของปลาดุกสดและปลาดุกร้าในอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 29: 404-412.

2. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

Tangwatcharin P, Thanonkaew A, Juntachote T, Raungrat W, Auksornnieum A. 2008. Effect of Spoilage and *Escherichia coli* Contaminations in Fresh Farmed and Wild Catfish to Microbiology Quality of Dry Fermented Catfish (Pla-Duk-Ra). Food Innovation Asia Conference 2008. 12-13 June, 2008. pp. 122.

Tangwatcharin P, Binlah A, Hemmad S, Naleung W, Latae M. 2007. Evidence of spoilage and spoilage and presence of *Escherichia coli* in dry fermented catfish (Pla-duk-ra) produced from farmed and wild fish in Phatthalung province. 33rd Congress on Science and Technology of Thailand 2007, Nakornsrithammarat, Thailand. 18-20 October, 2007. pp. 266.

7.3.3 หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่องการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคในกระบวนการฆ่าและตัดแต่งซากสุกรที่ถูกสุขลักษณะและไม่ถูกสุขลักษณะในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ประจำปี พ.ศ. 2550

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

ผุสดี ตังวัชรินทร์ และไชยวรรณ. 2552. การปนเปื้อนของแบคทีเรียในกระบวนการฆ่าสุกรแบบสัมผัสพื้นและไม่สัมผัสพื้นในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 27: 122-131.

2. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

Tangwatcharin, **P.,** Wattanachant, C., Molan, J., Charalak, N., Chotirat, P., Chuaybumrung, S., Choudoungchan, C. and Manrech, R. 2009. Transmission of pathogenic bacteria to unhygienic pig slaughtering process at abattoir,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Songkhla Province. 35rd Congress on Science and Technology of Thailand 2009, Chonbury, Thailand. October 15-17, 2009.

7.3.4 หัวหน้าโครงการวิจัย : อิทธิพลของกรดแอสคอร์บิกและอุณหภูมิต่อการรอดชีวิตของเชื้อ *Salmonella* sp. ที่อยู่ในสภาวะเครียดด้วยความร้อนในสารละลายเชื้อบริสุทธิ์และเนื้อสุกร แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน งบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี พ.ศ. 2551

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

ผุสดี ตังวัชรินทร์ ทิพวัลย์ กุลรัตน์ และนิตยา คงผอม. 2553. ผลความร้อนและความเย็นต่อการรอดชีวิตของเชื้อ *Salmonella* Rissen. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 28 (ฉบับพิเศษ): 68-75.

ผุสดี ตังวัชรินทร์ วิภา รักษ์ทอง และธัญพิสิษฐ์ พรหมศิริวรกุล. 2553. อิทธิพลของกรดแอสคอร์บิกและความเย็นต่อการรอดชีวิตของเชื้อ *Salmonella* Rissen ในเนื้อสันนอกสุกร.วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 23: 44-51.

2. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

ผุสดี ตังวัชรินทร์ ทิพวัลย์ กุลรัตน์ และนิตยา คงผอม. 2553. ผลของกรดแอสคอร์บิกและความเย็นต่อการรอดชีวิตของเชื้อ *Salmonella* Rissen ในสารละลายเชื้อบริสุทธิ์. การนำเสนองานวิจัยแห่งชาติ 2553. วันที่ 26-30 สิงหาคม 2553. ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพมหานคร.

7.3.5 หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่องคุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำอุปโภค-บริโภคของมหาวิทยาลัยในจังหวัดพัทลุง แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน งบประมาณรายได้ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ (ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี) ประจำปี พ.ศ. 2551

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

ผุสดี ตังวัชรินทร์ สุนี แหละหลี๊ะ และฝารีดา เห็นดีน. 2553. คุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำอุปโภค-บริโภคของมหาวิทยาลัยในจังหวัดพัทลุง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 29: 23-31.

2. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

Tangwatcharin, P., Laehlah, S., Hendeen, F. and Pechkeo, W. 2009. Contaminations of Total Plate Count, Coliform and *Escheriachia coli* in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Drinking Water of University, South Thailand. 35rd Congress on Science and Technology of Thailand 2009, Chonbury, Thailand. October 15-17, 2009.

7.3.6 หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง คุณสมบัติความคงตัวและการต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารที่แยกได้จากเนื้อสุกร แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี พ.ศ. 2552

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

ผุสดี ตังวัชรินทร์. 2554. ความคงตัวและกิจกรรมการต้านแบคทีเรียของสารสกัดเปลือกมังคุดที่สกัดด้วยน้ำต่อการต้านเชื้อ coagulase positive *Staphylococcus aureus* ที่แยกจากเนื้อสุกร. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. Accepted paper.

2. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

Tangwatcharin, P., Irat, A., Umayee, K. and Thingdomkhaw, S. 2010. Antimbacterial activity of mangosteen hull extract against *Staphylococcus aureus*. The 16th Asian Agricultural Symposium and 1st International Symposium on Agricultural Technology, August 25-27, 2010. Bangkok, Thailand.

ผุสดี ตังวัชรินทร์. 2553. ผลของสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อการต้านเชื้อ coagulase positive *Staphylococcus aureus* ที่แยกจากเนื้อสุกร. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. วันที่ 17-18 ธันวาคม 2553. โรงแรมรามาการ์เดนส์, กรุงเทพมหานคร.

7.3.7 หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ สารละลายกรด lauric สาร monolaurin และกรด lactic ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylcoccus aureus* บนเนื้อสุกรสด แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สำนักงานสนับสนุนกองทุนวิจัย ประจำปี 2552 ระยะเวลาโครงการ 2 ปี

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

Tangwatcharin, **P.** and Khopaibool, P. 2011. Activity of virgin coconut oil, lauric acid or monolaurin in combination with lactic acid against *Staphycoccus aureus*. Southeast Asian J. Trop. Med. Pub. Health. Accepted paper.

2. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tangwatcharin, P. and Khopaibool, P. 2010. Combined actions of virgin coconut oil, lauric acid and monolaurin with lactic acid on *Staphylococcus aureus*. 56th International Congress of Meat Science and Technology, August 15-20, 2010. Jeju, Republic of Korea.

Tangwatcharin, P. and Khopaibool, P. 2012. Effects of lauric acid or monolaurin in combination with lactic acid on *Staphylococcus aureus* and physical qualities of pork. International Congress of Food Engineering and Technology (IFET2012). March 26-28, 2012, IMPACT Convention Center Bangkok, Thailand.

7.3.8 หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ สารละลายกรด lauric สาร monolaurin และกรด lactic ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Listeria monocytogenes* บนเนื้อสุกรสด แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2553

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

Tangwatcharin, P. and Suksathit, S. 2014. Effects of virgin coconut oil or monolaurin and in combinations with lacitc acid, on the growth of *Listeria monocytogenes* in lab medium and fresh pork. Chiang Mai J. Sci. 41: 345-359. (Impact factor, 0.371)

ผุสดี ตังวัชรินทร์ พัชนี ชอบธรรม และมัทธิชา ช่างสนั่น. 2554. กิจกรรมการต้านแบคทีเรียของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ กรดลอริก และโมโนลอรินร่วมกับกรดแลกติกสำหรับทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *Listeria monocytogenes*. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 29: 9-17.

2. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

Tangwatcharin, P., Klomvisad, C. and Nudput, S. 2012. Combined actions of virgin coconut oil or monolaurin with lactic acid on *Listeria monocytogenes* in pork. International Congress of Food Engineering and Technology (IFET2012). March 26-28, 2012, IMPACT Convention Center Bangkok, Thailand.

ผุสดี ตังวัชรินทร์ พัชนี ชอบธรรม และมัทธิชา ช่างสนั่น. 2553. การใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ กรดลอริก และโมโนลอรินร่วมกับกรดแลกติกสำหรับทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *Listeria monocytogenes* ที่แยกได้จากเนื้อสุกร. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. วันที่ 17-18 ธันวาคม 2553. โรงแรมรามาการ์เดนส์, กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.9 หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่สกัดด้วยน้ำและเมทิลลีนคลอไรด์ในการต้านทานเชื้อ *Listeria monocygenes* แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน งบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2554

1. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

Tangwatcharin, P., Meannui, N. and Onyen, A. 2012. Antibacterial activity of mangosteen hull extract against *Listeria monocytogenes*. Proceedings of 2012 International Conference on Chemical Engineering and Applications (CCEA 2012) 26-28 February, 2012. Quality Hotel, Singapore.

7.3.10 หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพของเกลือของกรดอินทรีย์ และสารลอริกอาร์จิเนทต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในเนื้อสุกร แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2555

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

Suksathit, S. and **Tangwatcharin, P.** 2013. Activity of salts of organic acid in combination with lauric arginate against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Rissen. ScienceAsia. 39: 346-355. (Impact factor, 0.347)

2. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

ผุสดี ตังวัชรินทร์ รมณียา จารึก และสุนิษา แสงทอง. 2555. ฤทธิ์การต้านแบคทีเรียของเกลือของกรดอินทรีย์ต่อการยับยั้งเชื้อ *Listeria monocytogenes*. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 3. วันที่ 21-22 มิถุนายน 2555. ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุม อิมแพ็คเมืองทองธานี. จังหวัดนนทบุรี.

7.3.11 อุบัติการณ์ของโรคเต้านมอักเสบแบบแสดงอาการและไม่แสดงอาการและการดื้อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรียก่อโรคเต้านมอักเสบส่วนใหญ่ในฟาร์มโคนม อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ประจำปี 2554

1. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

ผุสดี ตังวัชรินทร์ และสุชาติ สุขสถิตย์. 2554. Data of dairy farm for evidence of clinical and subclinical mastitis in Paphayom district, Phatthalung province. งานประชุมทางวิชาการสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ครั้งที่ 4 CHE-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USDC CONGRESS IV. วันที่ 14-16 กันยายน 2554. โรงแรม เดอะซายน์ พัทยา. จังหวัดชลบุรี.

7.3.12 การผลิตและศึกษาคุณลักษณะของแป้ง ใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วยไข่และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมสด แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2556

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

สุชาติ สุขสถิตย์ และ **ผุสดี ตังวัชรินทร์**. 2558. ผลของการเตรียมเปลือกกล้วยไข่ดิบต่อองค์ประกอบทางเคมี สมบัติเชิงหน้าที่ และคุณภาพทางจุลินทรีย์บางประการของผงเปลือกกล้วย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 33: 38-48.

สุชาติ สุขสถิตย์ และ **ผุสดี ตังวัชรินทร์**. 2558. องค์ประกอบทางเคมี สมบัติเชิงหน้าที่ และสมบัติความเป็นพรีไบโอติกบางประการของใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยไข่ดิบ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 33: 49-60.

7.3.13 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หมักเสริมโปรไบโอติกร่วมกับพรีไบโอติก แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน งบประมาณรายได้ (โครงการนักวิจัยพี่เลี้ยง) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2557-2559

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

ผุสดี ตังวัชรินทร์ สุชาติ สุขสถิตย์ และกานต์ สุขสุแพทย์. 2559. ผลของใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบต่อการเจริญและการผลิตกรดไขมันสายสั้นของเชื้อ *Lactobacillus plantarum*.วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 34: 36-47.

2. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

Nithisantawakhupt, J., **P. Tangwatcharin** and N. Vijitrothai. 2016. Survival of lactic acid bacteria isolated from fermented meat products in gastrointestinal tract model. Proceeding of the 17th Asian-Australasian Association of Animal Societies Animal Science Congress (AAAP2016). 22-25 August 2016. Fukuoka, Japan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.14 ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤติที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตเลือดเป็ดและการยืดอายุการเก็บรักษาเลือดเป็ด แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน บริษัท ดั๊กคิง จำกัด ประจำปี 2557

1. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

วรลักษณ์ ทีมีสุข **ผุสดี ตังวัชรินทร์** และรณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2557. แหล่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตเลือดเป็ดก้อนจากโรงฆ่าเป็ดในภาคตะวันออกของประเทศไทย. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 5. วันที่ 25-26 กรกฎาคม 2557. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.

7.3.15 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเสริมโปรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วย แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน งบประมาณแผ่นดิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2558

1. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

Kamonwan Phosut, **Pussadee Tangwatcharin**, Komkhae Pilasombat and Chunya Kongrith. 2016. Resistant starch and dietary fiber extracted from by-products of banana processing enhance probiotic viability in fermented sausage model. Proceeding of the 17th Asian-Australasian Association of Animal Societies Animal Science Congress (AAAP2016). 22-25 August 2016. Fukuoka, Japan.

7.3.16 คุณสมบัติความเป็นโพรไบโอติกเบื้องต้นของแบคทีเรียแลคติกที่แยกจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน งบประมาณรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2559

1. การเข้าร่วมเสนอผลงานวิชาการ

Nithisantawakhupt, J., **Tangwatcharin, P.** and Suksupath, K.. 2015. Screening of lactic acid bacteria from traditional fermented meat products. 2nd International Symposium on Agricultural Technology (ISAT2015). 1-3 July 2015. A-One The Royal Cruise Hotel, Pattaya.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.17 การคัดเลือกแบคทีเรียแลกติกที่มีความปลอดภัยและผลิตแบคเทอริโอซินชนิดทนความร้อน งบประมาณรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2559

1. งานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

ผุสดี ตังวัชรินทร์ จิรโรจน์ นิธิสันถวะคุปต์ และกานต์ สุขสุแพทย์. 2559. การคัดแยกและการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีสมบัติความเป็นโปรไบโอติกเบื้องต้นจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 34: 67-76.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล ดร. สุภลักษณ์ สรภักดี

Dr. Supaluk Sorapukdee

2. หมายเลขบัตรประชาชน : 5800700027371

3. ตำแหน่งปัจจุบัน -

4. สถานที่ติดต่อ ภาคเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

โทรศัพท์ 085-0642039 โทรสาร 0-2326-4313

E-mail address kssupalu@kmitl.ac.th, supaluk.sor@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานศึกษาและประเทศ
วท.บ. เกียรตินิยมอันดับหนึ่งเหรียญทอง(เทคโนโลยีอาหาร)	2546	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ปร.ด. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร)	2555	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

6. ประวัติการทำงาน

2546-2548 เจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท อาหารเบทเทอร์ จำกัด

2548-2550 เจ้าหน้าที่พัฒนาการใช้ผลิตภัณฑ์ บริษัท นิวทรีชัน เอส ซี จำกัด

พ.ศ. 2556-ปัจจุบัน อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

7. สาขาที่มีความชำนาญ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์: คุณภาพเนื้อ, ความนุ่มเนื้อและเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับระดับชาติและนานาชาติ

1. **Sorapukdee, S.**, Kongtasorn, C., Benjakul, B. and Visessanguan, W. 2013. Influences of muscle composition and structure of pork from different breeds on stability and textural properties of cooked meat emulsion. *Food Chemistry*, 38: 1892-1901. (Impact factor, 3.655)
2. **Sorapukdee, S.**, Visessanguan, W., Benjakul, B., Kongtasorn, C., Punchai, K. and Taharnklaew, R. 2010. Effect of breed on physical properties, chemical composition and muscle structure of porcine meats. The RGJ-Ph.D. Congress XI 2010, Jomtien Palm Beach Resort, Chonburi, Pattaya: April 1-3, 2010.
3. **Sorapukdee, S.**, Visessanguan, W., Benjakul, B., Kongtasorn, C., Punchai, K. and Taharnklaew, R. 2011. Differences in endogenous proteolytic activities of porcine *m. longissimus* among breeds during aging and their relationship to pork tenderness. RGJ Seminar Series, Advanced researches in food value chain. Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University: February 10, 2011.
4. **Sorapukdee, S.**, Visessanguan, W., Benjakul, B. and Kongtasorn, C. 2012. Effects of purebred and crossbred pigs on technological quality of porcine *M. longissimus thoracis et lumborum*. Food Innovation Asia 2012: Green and Sustainable Food Technology for all. BITEC Bangna, Bangkok. June 15, 2012.
5. **Sorapukdee, S.**, Kongtasorn, C., Benjakul, B. and Visessanguan, W. 2012. Differences in early postmortem myofibril degradation and total proteolytic activity in meats derived from different pig breeds. The 15th AAAP Animal Science Congress. Thammasart University: November 26-30, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุภาพรรณ ศฤงฆาร

(ภาษาอังกฤษ) Miss Supapun Saringkhan

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1 5499 00011 46 9

3. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. **หน่วยงาน/ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail**

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

โทรศัพท์ 02-326-4313 ต่อ 3650 **มือถือ** 087-3224445

โทรสาร 02-326-4313

E-mail supapun.sa@kmitl.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่สำเร็จการศึกษา	ระดับ	ชื่อปริญญา	สถาบัน
2550	ปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สัตวศาสตร์)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2558	ปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตวศาสตร์)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์

7. ผลงานวิจัย

ศึกษาวิจัยเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานขึ้นรูปกึ่งแห้ง: ปริมาณไขมัน บรรจุภัณฑ์ และการใช้สารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้