

ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมูและการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป

Effect of stewed process on qualities of pork and production of
stewed pork product

นนทนันท์ สายเป้า

Nonthanan Saipao

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-AI-M-055-327

ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมูและการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป

**Effect of stewed process on qualities of pork and production of
stewed pork product**

นนทนันท์ สายเป้า

Nonthanan Saipao

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-AI-M-055-327

ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมูและการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป

**Effect of stewed process on qualities of pork and production of
stewed pork product**

นนทนันท์ สายเป้า

Nonthanan Saipao

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-AI-M-055-327

ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมูและการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป

**Effect of stewed process on qualities of pork and production of
stewed pork product**

นนทนันท์ สายเป้า

Nonthanan Saipao

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-AI-M-055-327

**Effect of stewed process on qualities of pork and production of
stewed pork product**

Nonthanan Saipao

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SERVICE AND CATERING
TECHNOLOGY
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2019

KMITL-2019-AI-M-055-327

COPYRIGHT 2019

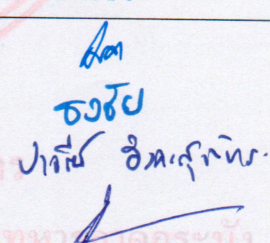
AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมูและการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป
EFFECT OF STEWED PROCESS ON QUALITIES OF PORK AND
PRODUCTION OF STEWED PORK PRODUCT

ชื่อนักศึกษา นายนนทนันท์ สายเป้า
รหัสประจำตัว 57608042
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์ ผศ.ดร. ธงชัย พุฒทองศิริ ดร. ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร รศ. เขียวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์	

วัน / เดือน / ปีที่ 21 พฤษภาคม 2562 เวลา 09.30 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิริโรคม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 26 เดือน 05 พ.ศ. 62

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมูและการผลิตหมูตุ๋น สำเร็จรูป
นักศึกษา	นายนนทนันท์ สายเป้า
รหัสประจำตัว	57608042
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์

บทคัดย่อ

การตุ๋น เป็นการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา นาน โดยการใช้น้ำซุปลหรือน้ำสต็อกเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน วัตถุประสงค์ที่นิยมใช้ในการตุ๋น ได้แก่ เนื้อสัตว์หรือวัตถุดิบอาหารที่ต้องการให้มีกลิ่นรสของส่วนผสมในน้ำซุปลแทรกซึมเข้าไปใน วัตถุดิบ อีกทั้งยังทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มอีกด้วย สำหรับเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ใช้เวลาในการตุ๋น ข้ามคืน ทั้งนี้ระดับความร้อนและระยะเวลาที่ใช้ในการตุ๋นที่เหมาะสม สามารถช่วยผลิตอาหารให้มี คุณลักษณะตามต้องการและช่วยประหยัดพลังงานในการผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณลักษณะและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูตุ๋น โดยเริ่มจากการศึกษาสูตรของน้ำซุปลที่นำมาใช้ในการผลิตหมูตุ๋น การศึกษาผลของกระบวนการตุ๋น ที่มีต่อคุณลักษณะและความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการหาสภาวะที่ เหมาะสมในการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป การประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปโดยใช้ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหารและการประเมินอายุการเก็บรักษาของ ผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติ ความใสของน้ำซุปล สี กลิ่น และความชอบโดยรวมของสูตรน้ำซุปลที่คัดเลือกและปรับปรุงสูตรแล้ว โดยให้คะแนน ความชอบระหว่าง 7.31-7.50 คะแนน เมื่อนำน้ำซุปลจากสูตรที่คัดเลือกมาผลิตหมูตุ๋นและศึกษา สภาวะที่เหมาะสมในการให้ความร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 75-85 องศาเซลเซียส นาน 4-8 ชั่วโมง ออกแบบการทดลองโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง พบว่าสภาวะที่ใช้ในการตุ๋นตอบสนองต่อค่าความ สว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ความแข็ง และแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของหมูตุ๋น

นอกจากนี้อุณหภูมิและระยะเวลาในการตุ๋นส่งผลต่อคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และการยอมรับโดยรวมของหมูตุ๋น ซึ่งพบว่าผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มยอมรับเนื้อหมูที่ผ่านการตุ๋นที่ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4-6 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง โดยให้คะแนนระหว่าง 7.00-7.50 คะแนน จากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการตุ๋นเนื้อหมู พบว่าการใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง 33 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการให้ความร้อนแก่เนื้อหมู โดยหมูตุ๋นมีค่าความสว่าง 61.74 ค่าสีแดง 10.42 ค่าสีเหลือง 17.48 การสูญเสีย น้ำหนักร้อยละ 42.19 ความแข็ง 117.51 นิวตัน และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว 21.71 นิวตัน โดยมีค่าความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพึงพอใจ เมื่อนำผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากเชฟและผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหาร พบว่าผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปได้รับการยอมรับในทุกด้าน มีค่าอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก มีคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ระหว่าง 7.30-7.70 คะแนน และเมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปพบว่าสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้อย่างน้อยเป็นระยะเวลา 15 วัน ซึ่งมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^6 cfu/g

Thesis Title	Effect of stewed process on qualities of pork and production of stewed pork product
Student	Nonthanan Saipao
Student ID.	57608042
Degree	Master of Science
Program	Food Service and Catering Technology
Year	2019
Thesis Advisor	Assist.Prof.Dr. Soraya Kerdpiboon

ABSTRACT

Stewing is thermal food process using temperature lower than 100°C for a long time. A heating medium, soup or stock solution, is used to stew food materials such as meat or other food materials, in which flavor of ingredients in stock solution is transferred to foods. Moreover, stewed process induces tenderness to foods. Since stew process normally spends time for overnight, using of optimized cooking temperature and time could be produced desired food qualities and save the energy. This research was therefore to study effect of stewing conditions on characteristics and sensory acceptance of stewed pork. The desired stock solution formula used to produce stewed pork was studied. Then effects of stewing conditions on characteristics and sensory acceptance, as well as the optimized stewing condition were observed. Moreover, the optimized stewed pork was served to panels who experted in the field of services and catering before shelf-life assessment. It was found that panels accepted the desired stock solution with preference scores between 7.31-7.50 points. The response surface methodology technique was used to optimize stewing condition. The temperature of 75 to 85°C and cooking time of 4-8 hours were used to design the

experiments and lightness, redness, yellowness, cooking loss, hardness and chewiness were used as responses. The balance incomplete block was designed for sensory acceptance of stewed pork in terms of its color, smell, taste, tenderness and overall acceptance. Panels tended to prefer pork stewed at 80°C for 4-6 hours and 85°C for 8 hours, respectively. The sensory scores were between 7.00-7.50 points. The optimized condition of stewing at 80°C for 5 hours and 33 minutes represented stewed sample with lightness, redness and yellowness of 61.74, 10.42 and 17.48, respectively, as well as cooking loss, hardness and chewiness of 42.19%, 117.51 N and 21.71 N, respectively. The optimized condition was used to produce stewed pork and observed by chefs and the experts in food service and catering. It was found that they accepted stewed pork with acceptance scores were between 7.30-7.70 points. The sample can be kept at 4°C at least 15 days due to total microorganisms were not higher than 6×10^6 cfu/g.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. โสริยา เกิดพิบูลย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยดูแลเอาใจใส่ ให้ความรู้ คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ และให้กำลังใจ รวมถึงตรวจสอบแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ และดร.ปจรรย์ อิงคะสุภัทร กรรมการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ รศ.เขวาลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารทุกๆ ท่านที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการทดสอบชิมประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและการยอมรับในผลิตภัณฑ์หมุดสำเร็จรูป ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ครอบครัว บิดา มารดา และพี่ของข้าพเจ้า นางสาวดารานี สายเป้า ที่ช่วยส่งเสริม ให้การสนับสนุนทางการศึกษาและให้กำลังใจมาโดยตลอด รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ เจ้าหน้าที่ ทุกคนที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือให้คำปรึกษาในทุกๆด้าน จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ตามที่ตั้งใจไว้

นนทนันท์ สายเป้า

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การคั่ว.....	3
2.2 เนื้อสุกร.....	4
2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อสัตว์เมื่อได้รับความร้อน.....	9
2.4 น้ำซุ๊ป.....	12
2.5 อันตรายทางชีวภาพที่พบในอาหาร.....	14
2.6 วิธีการพ่นที่ผิวตอบสนอง	16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัตถุดิบ	21
3.2 อุปกรณ์เครื่องมือ และอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	22
3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์.....	29
3.5 การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของหมูต้นสำเร็จรูป.....	31
3.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา.....	31
บทที่ 4 ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ผลการคัดเลือกและปรับปรุงสูตรน้ำซุ๊ปที่ใช้ในการตุ๋น.....	32
4.2 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำหมูต้น.....	37
4.3 การทำนายภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมูต้น.....	44
4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อหมูต้น.....	47
4.5 ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของหมูต้นสำเร็จรูป.....	49
4.6 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป.....	53
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	55
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	55
เอกสารอ้างอิง.....	56
ภาคผนวก ก. การประเมินผลทางประสาทสัมผัส.....	61
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ทางกายภาพ.....	70
ภาคผนวก ค. ขั้นตอนการเตรียมสำหรับการชิมหมูต้น.....	74
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา.....	76
ภาคผนวก จ. การทดลองเบื้องต้น.....	77
ประวัติผู้วิจัย.....	81

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 Meat cooking methods and temperatures.....	4
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงตำแหน่งลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ของเนื้อหมูและ องค์ประกอบทาง.....	7
ตารางที่ 2.3 พลังงานที่ได้รับจากเนื้อสุกร 100 กรัม (หนึ่งหน่วยบริโภค 108 กิโลแคลอรี)..	9
ตารางที่ 2.4 เชื้อก่อโรคในอาหารประเภทอาหารและการป้องกัน.....	14
ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของค่า Desirability กับระดับความพึงพอใจต่อคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์.....	17
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนสูตรน้ำซุปรดหมู.....	24
ตารางที่ 3.2 การกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการผลิตหมูต้น	26
ตารางที่ 3.3 ปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง.....	29
ตารางที่ 3.4 การเสิร์ฟตัวอย่างเนื้อหมูต้นให้ผู้ทดสอบชิมวางแผนทดลองแบบ Balance Incomplete.....	30
ตารางที่ 4.1 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำซุปรดหมูพื้นฐาน.....	32
ตารางที่ 4.2 Binomial test ความไม่พอดี ของน้ำซุปรดหมูมาตรฐานที่ได้รับการคัดเลือก เบื้องต้น สูตร 1 และ 2 หน่วยเป็นจำนวนคน (ร้อยละ).....	35
ตารางที่ 4.3 อัตราส่วนของน้ำซุปรดหมู 2 ก่อนและหลังการปรับปรุง.....	36
ตารางที่ 4.4 ค่าคะแนนเฉลี่ยของน้ำซุปรดหมู 2 ก่อน และหลังการปรับ.....	37
ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูต้นสำเร็จรูป.....	38
ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อคุณภาพ ของเนื้อหมู ต้น สำหรับ Response Surface Quadratic Model.....	40
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อคุณภาพ ของเนื้อหมู ต้น สำหรับ Response Surface Linear Model.....	40
ตารางที่ 4.8 สมการที่ทำนายได้จากการใช้วิธีพื้นผิวตอบสนองของแต่ละปัจจัย.....	45

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.9 การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมุดขึ้น.....	46
ตารางที่ 4.10 ผลที่ได้จากการทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง.....	47
ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภครวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์หมุดขึ้นทั้ง 13 สูตร.....	48
ตารางที่ 4.12 ข้อมูลทั่วไปของเซฟและผู้เชี่ยวชาญต่อผลิตภัณฑ์หมุดขึ้นสำเร็จรูป.....	50
ตารางที่ 4.13 คะแนนความชอบของผู้บริโภครวมที่มีต่อคุณภาพด้านต่างๆของหมุดขึ้น สำเร็จรูป.....	52
ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หมุดขึ้นสำเร็จรูป.....	53
ตาราง ข.1 การตั้งค่าของ TA-XT Plus setting : สำหรับเนื้อหมุดขึ้น.....	71
ตาราง ค.1 รายชื่อเซฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารที่ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์หมุดขึ้น สำเร็จรูป.....	75
ตารางที่ จ.1 แสดงข้อมูลผู้เข้าร่วมทดสอบ.....	77
ตารางที่ จ.1.1 ข้อมูลทัศนคติความคิดเห็นจำนวน(คน)และร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง.....	78
ตารางที่ จ.2 ความพอดีของผลิตภัณฑ์น้ำซุปรสหมูสูตรมาตรฐานที่แตกต่างกัน 3 สูตร (ผู้ทดสอบ 50 คน) หน่วยเป็นจำนวนคน (ร้อยละ).....	80

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 ตำแหน่งของชั้นเนื้อสุกร.....	7
ภาพที่ 4.1 ร้อยละความพอดีของน้ำซุปลสุกรที่ 1 และ 2.....	34
ภาพที่ 4.2 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าความสว่างของเนื้อ หมูตุ๋น.....	41
ภาพที่ 4.3 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าสีแดงของเนื้อหมูตุ๋น.....	41
ภาพที่ 4.4 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าสีเหลืองของเนื้อหมู ตุ๋น.....	41
ภาพที่ 4.5 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าความแข็งของเนื้อหมู ตุ๋น.....	42
ภาพที่ 4.6 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ของเนื้อหมูตุ๋น.....	42
ภาพที่ 4.7 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของ อุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าร้อยละการสูญเสีย น้ำหนักของหมูตุ๋น.....	43
ภาพที่ 4.8 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าความชุ่มของน้ำซุปล หมูตุ๋น.....	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การปรุงอาหาร โดยการตุ๋นเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม ทั้งในประเทศแถบอเมริกาและยุโรป หรือแม้แต่เอเชียอย่างประเทศไทยและสิงคโปร์ เป็นต้น วัตถุประสงค์ที่นำมาใช้มีความหลากหลาย โดยเฉพาะเนื้อสัตว์เช่น หมู วัว ไก่ และแกะ โดยชิ้นส่วนของวัตถุดิบที่นำมาตุ๋น ส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนที่มีความเหนียว เช่น ส่วนหัวไหล่ น่อง ขาหลัง ฟันท้อง เป็นต้น วัตถุประสงค์ส่วนใหญ่จะนำมาให้ความร้อนในน้ำซุปรหรือน้ำซุปรที่มีส่วนของเครื่องเทศเป็นระยะเวลาอันยาวนานจนเนื้อมีความนุ่ม วิธีดังกล่าวทำให้ส่วนผสมในน้ำซุปรกระจายเข้าไปในวัตถุดิบอาหาร กลิ่นรสของอาหารที่ได้จึงมีความน่ารับประทาน อีกทั้งมีรสชาติที่ดี อย่างไรก็ตามการตุ๋นเป็นวิธีการทำอาหารแบบ Slow cooking คือใช้เวลานานในการทำ เมื่อเทียบกับวิธีการอบ ต้ม หรือทอด เช่น การอบขาแกะที่ใช้เวลาเพียง 15 นาที แต่การตุ๋นต้องใช้เวลารั้ง 1 ชั่วโมง 30 นาที (จางงัก, 2551) จึงทำให้ไม่สะดวกในธุรกิจอาหารและการบริการที่ต้องการความรวดเร็วและคุณภาพที่มีความสม่ำเสมอ

สำหรับเนื้อสัตว์นั้น กระบวนการตุ๋นส่งผลให้เนื้อสัตว์เกิดการเปลี่ยนแปลงทางคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี โดยความร้อนทำให้เส้นใยคอลลาเจนเกิดการสลายตัวและเปลี่ยนเป็นเจลาติน ทำให้เนื้อสัตว์เนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น นอกจากนี้โปรตีนไมโอไฟบริลลาเกิดการเสียสภาพและหดตัวทำให้น้ำและสารละลายภายในเนื้อสัตว์ไหลออกมาภายนอกเส้นใยกล้ามเนื้อ จึงทำให้น้ำหนักของชิ้นเนื้อลดลง (Pearce et al., 2011) โปรตีนเกิดการรวมตัวและตกตะกอนทำให้มีความชุ่ม อีกทั้งความร้อนทำให้ไมโอโกลบินสูญเสียสภาพธรรมชาติ (Christensen, 2011)

เมนูอาหารตุ๋นเป็นเมนูที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค เช่น ก๋วยเตี๋ยวหมูตุ๋น หมูตุ๋นยาจีน เป็นต้น แต่มีการใช้ระยะเวลาที่นาน เนื่องจากเชฟและผู้ปรุงอาหารไม่มีการกำหนดระยะเวลาที่แน่นอน ข้อมูลจากการสอบถามผู้ผลิตและเชฟผู้เชี่ยวชาญ พบว่ากระบวนการตุ๋นส่วนใหญ่ใช้เวลาข้ามคืน ดังนั้นการกำหนดสถานะที่เหมาะสมในการตุ๋นจะช่วยให้สามารถกำหนดระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ยังอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ โดยทราบระยะเวลาในการแปรรูปที่แน่นอน เป็นการประหยัดเวลาและประหยัดพลังงานอีกทางหนึ่ง

เมนูอาหารต้นที่คนไทยให้การยอมรับอย่างแพร่หลาย และสามารถผลิตได้ในปริมาณมาก ๆ หมูต้นจึงเป็นเมนูที่น่าสนใจสำหรับธุรกิจการจัดและบริการอาหาร ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกหาสูตรน้ำซุบที่ใช้ในการผลิตหมูต้น การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำเมนูหมูต้นสำเร็จรูป โดยการพิจารณาคุณสมบัติเชิงกายภาพ และการยอมรับของผลิตภัณฑ์เมนูหมูต้นของผู้บริโภค เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป และศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป เพื่อต่อยอดการนำไปใช้ในธุรกิจการจัดและบริการอาหารได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อคัดเลือกและปรับปรุงสูตรน้ำซุบที่ใช้ในการผลิตหมูต้นสำเร็จรูป
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลของสภาวะในการต้นต่อสมบัติเชิงกายภาพ และการยอมรับของผลิตภัณฑ์
- 1.2.3 เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมูต้นสำเร็จรูป
- 1.2.4 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้คัดเลือกสูตรน้ำซุบที่ใช้ในการทดลอง โดยคัดเลือกจากสูตรและกรรมวิธีการผลิตหมูต้นทั่วไปที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและปรับปรุงสูตรเพื่อนำมาใช้ทำน้ำซุบ ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทและคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหมูต้นสำเร็จรูป รวมถึงการศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป โดยการเก็บรักษานาน 0-15 วัน

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตุ๋น

การตุ๋น (stewing) คือ การปรุงอาหารด้วยความร้อนในของเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดเป็นระยะเวลานานในภาชนะปิดสนิท โดยทั่วไปการตุ๋นเป็นการนำเนื้อสัตว์มาทำการตัดแต่งและหั่นเป็นชิ้นให้มีลักษณะเป็นก้อนชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปเคี่ยวในน้ำซุปหรือไวน์ โดยอาจมีการใส่ผักเพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นรส เช่น หอมหัวใหญ่ และแครอท หรือมีการใส่เครื่องเทศเพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นหอม เช่น กระเทียมและพริกไทย จากนั้นนำไปเคี่ยวช้า ๆ ในหม้อที่ปิดสนิท เมื่อเนื้อเปื่อยนุ่มอาจปรุงรสด้วยเกลือ ซอสถั่วเหลือง หรือแอลกอฮอล์ เช่น บรั่นดี หรือไวน์ (Aidells and Kelly, 1998) โดยทั่วไปอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวจะอยู่ในช่วง 80-85 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ในกรณีของเนื้อหมู การให้ความร้อนที่อุณหภูมิใจกลางของเนื้อหมูไม่ต่ำกว่า 75 องศาเซลเซียส สามารถทำลายเชื้อพยาธิได้ (Butsch, 1983) การตุ๋นเป็นการใช้อุณหภูมิในระดับพาสเจอร์ไรซ์ในลักษณะการใช้อุณหภูมิต่ำระยะเวลานาน ซึ่งส่งผลให้คอลลาเจนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นเจลาตินและเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวและคลายตัวตามลำดับ เส้นใยของเนื้อสัตว์จึงเปื่อยและนุ่มขึ้น (Aidells and Kelly, 1998) นอกจากนี้วิธีการปรุงอาหารและอุณหภูมิที่เหมาะสม ยังช่วยรักษาหรือเพิ่มรสชาติให้กับอาหารให้ดียิ่งขึ้น โดยวิธีการและอุณหภูมิที่ใช้สำหรับการแปรรูปอาหารในลักษณะต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 Meat cooking methods and temperatures

Cooking medium	Cooking temperature	Heat transfer
Dry air (roast,baking)	Up to 200 °C (392°F)	Fair
Water (stewing,braising)	Up to 100 °C (212°F)	Good
Water under pressure	100-125°C (212-257°F)	Good
Moist or saturated air (steaming)	Up to 100 °C (212°F)	Very good, because of latent heat from condensing steam
Moist or saturated air under pressure (retorting)	100-125°C (212-257°F)	Very good, because of latent heat from condensing steam
Fat or oil (frying)	150-190°C (302-374°F)	Very good
Metal	Up to 200 °C (392°F)	Good at points of contact
Radiation		Otherwise as air
Grilling	Depends on conditions	Very Good
Microwave	Temperature reached depends upon the energy input; is not usually above 100 °C (212°F)	Very Good

ที่มา: Ranken (2000)

จากตารางที่ 2.1 พบว่ามีวิธีการที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่อาหารที่หลากหลาย ซึ่งแต่ละวิธีมีความแตกต่างกันที่อุณหภูมิที่ใช้และความสามารถในการถ่ายเทความร้อนในระดับที่แตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบแต่ละชนิดจึงมีความสำคัญโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2.2 เนื้อสุกร

เนื้อสุกร (pork) หรือเนื้อหมู ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของเนื้อแดง (red meat) ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นิยมนำมาบริโภคเนื่องจากเนื้อหมูมีรสชาติที่ดี กลิ่นไม่รุนแรง หาชื้อได้ทั่วไป มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง เป็นแหล่งสำคัญของโปรตีน และเหมาะสำหรับการนำมาแปรรูปเป็นอาหารและผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย โดยทั่วไปเนื้อหมูจะมีความเหนียวที่น้อยกว่าเนื้อโค เนื่องจากเนื้อหมูมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่น้อยกว่า จึงทำให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าเนื้อโค การเลือกซื้อเนื้อหมูที่มีคุณภาพที่ดี

สามารถดูจากลักษณะของเนื้อที่จะมีความเนียนแน่นและมีสีชมพูอ่อน มีไขมันสีขาว กระจุกเล็ก
 หนึ่งหมูเรียบเนียน เนื้อหมูนิยมนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายวิธี เช่น การย่าง การทอด
 การผัด การอบ การต้ม การตุ๋น เป็นต้น (สุทิษา, 2555)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในกล้ามเนื้อ ประกอบด้วยเส้นใยของโปรตีน ได้แก่ คอลลาเจน (Collagen)
 และอีลาสติน (Elastin) โดยอีลาสตินมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน ปฏิกริยาของด่าง และเอนไซม์ จึง
 ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อปรุงอาหาร (Purslow, 2005) แตกต่างจากคอลลาเจน เมื่อให้ความร้อน
 คอลลาเจนจะเปลี่ยนเป็นเจลาติน ส่งผลทำให้เนื้อสัตว์มีความนุ่มเพิ่มขึ้น แต่เนื้อสัตว์แต่ละตำแหน่ง
 จะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ไม่เท่ากัน จึงทำให้ความเหนียวของเนื้อสัตว์แต่ละตำแหน่งต่างกัน จึง
 ทำให้การใช้เวลาในการทำที่ไม่เท่ากัน แต่การหั่น หรือตัดแต่งเนื้อให้มีขนาดเล็กลงก็สามารถช่วย
 ย่นระยะเวลาในการหุงต้มให้สั้นลงได้ (ประชา และอรวิวิท, 2519)

ในขั้นตอนการปรุงนั้น เนื้อหมูจะต้องผ่านกระบวนการปรุงให้สุกทั่วทั้งชิ้น เนื่องจากในเนื้อหมู
 อาจมีพยาธิ *Trichinella spiralis* ซึ่งทำให้เกิดโรคทริคิโนซิส (trichinosis) ในคน (ประชาและอร
 วิวิท, 2519) ดังนั้นจึงควรใช้กระบวนการปรุงที่ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงและระยะเวลาที่นาน แต่จะมีผล
 ทำให้ความชุ่มชื้นในเนื้อหมุลดต่ำลง เนื่องจากสูญเสียไอน้ำ อย่างไรก็ตามการปรุงเนื้อหมูด้วยอุณหภูมิ
 ที่เหมาะสมจะช่วยลดการสูญเสียไอน้ำได้ (ศิริลักษณ์, 2522)

2.2.1 ตำแหน่งของชิ้นเนื้อ

ตำแหน่งของชิ้นเนื้อสามารถแบ่งได้ตามสัดส่วนของกล้ามเนื้อได้แก่ กล้ามเนื้อส่วนของ
 หัวไหล่ (shoulder) เนื้อส่วนสัน (loin) เนื้อ สะโพก (round) และเนื้อส่วนท้อง (belly)
 (Aidells and Kelly, 1998) ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 2.1 โดยเนื้อแต่ละส่วนจะมีคุณลักษณะที่
 แตกต่างกัน เช่น เนื้อส่วนสัน แบ่งออกเป็นเนื้อส่วนสันในและสันนอก เนื้อส่วนสันในเป็นเนื้อส่วน
 ที่นุ่มที่สุดของหมู ซึ่งมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นหมู 1 ตัวจะมีสันในเพียง 2 เส้นเท่านั้น จึงทำให้เนื้อส่วน
 นี้มีราคาค่อนข้างสูงกว่าส่วนอื่นๆ โดยเนื้อส่วนนี้ไม่จำเป็นต้องหมักเพราะเนื้อมีความนุ่มอยู่แล้ว
 เนื้อส่วนสันในเป็นเนื้อส่วนที่มีแดงค่อนข้างเยอะไม่มีไขมันหรือเอ็นแทรก จึงสามารถทำได้หลาย
 หลายเมนู ไม่ว่าจะเป็น ต้ม ผัด และทอด แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ เนื้อสันในเป็นเนื้อส่วนที่มีเนื้อแดง
 เยอะ จึงไม่ควรใช้ความร้อนนานเกินไปเพราะจะทำให้เนื้อยุ่ย เนื้อส่วนนี้จึงไม่เหมาะสำหรับการทำ
 เมนู ตู๋น ต้ม หรือ อบ ที่ใช้ความร้อนเป็นระยะเวลานานๆ (สุทิษา, 2555)

ส่วนเนื้อส่วนสันนอกนั้น เป็นเนื้อส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่าเนื้อส่วนสันในมากที่มีขนาดเล็กยาวไปตั้งแต่หัวไหล่จนถึงสะโพก เนื้อส่วนนี้มีความนุ่ม มีไขมันอยู่รอบ และราคาถูกกว่าเนื้อสันในมากจึงได้รับความนิยมนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายเมนู โดยเฉพาะสเต็ก เนื้อส่วนหัวไหล่ เป็นเนื้อส่วนที่มีพังคืดและมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ จึงมีความเหนียวเล็กน้อยเหมาะสำหรับเมนูต้ม ตุ่น หรือย่าง (สุทิชา, 2555)

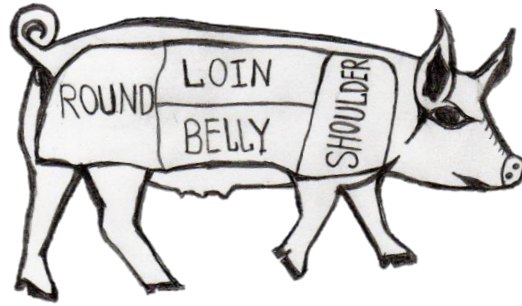
เนื้อส่วนสะโพก เป็นเนื้อที่มีความเหนียวมากที่สุดเนื่องจากเป็นส่วนที่มีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอด จึงไม่ค่อยมีไขมันแทรกอยู่ในกล้ามเนื้อ แต่จะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและกล้ามเนื้ออยู่ค่อนข้างมาก แต่เนื้อส่วนขาด้านนอกจะมีไขมันหนา การปรุงที่เหมาะสม คือการต้มหรือการเคี่ยวที่ใช้ระยะเวลา นาน เพื่อให้เนื้อหมูมีความเปื่อยนุ่มและมีรสชาติที่ดีขึ้น (สุทิชา, 2555)

เนื้อส่วนสุดท้าย คือเนื้อส่วนสามชั้นจนถึงพื้นที่ท้อง เป็นเนื้อส่วนที่มีลักษณะเนื้อสลับไขมัน โดยเป็นเนื้อส่วนที่มีไขมันมากที่สุดประกอบด้วย ชั้นผิวหนัง ชั้นไขมัน และชั้นเนื้อ โดยเนื้อส่วนนี้สามารถนำไปทอดให้กรอบ หรือนำไปตุ๋นให้เปื่อยนุ่ม (สุทิชา, 2555)

นอกจากนี้กล้ามเนื้อแต่ละส่วนจะมีองค์ประกอบทางเคมี ในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส อย่างความนุ่ม ความชุ่มชื้น ที่แตกต่างกัน (เขวาลักษณ์, 2536) ทำให้การนำไปใช้ในการทำอาหารจึงต้องเลือกตำแหน่งเนื้อที่เหมาะสมไปใช้ในเมนูอาหารต่างๆ (สุทิชา, 2555) เช่น เนื้อส่วนสันมีความนุ่มสูง ปริมาณไขมันน้อยจึงเหมาะสำหรับเมนูอย่างสเต็กที่ใช้ความร้อนน้อย หรือเนื้อส่วนสะโพกที่มีความนุ่มน้อยกว่าเนื้อส่วนสันจึงเหมาะในการทำเมนูอย่าง การต้มหรือการตุ๋น ที่ใช้ระยะเวลามากกว่าในการปรุงเพื่อทำให้เนื้อส่วนนั้นนุ่มขึ้น

2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเนื้อสุกร

จากภาพที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของตำแหน่งชิ้นเนื้อหมู ซึ่งประกอบด้วย เนื้อส่วนสัน (loin) หัวไหล่ (shoulder) เนื้อสะโพก (round) และเนื้อส่วนท้อง (belly) ทั้งนี้ชิ้นเนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน องค์ประกอบที่แตกต่างกัน จึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.2 และในเนื้อหมู 100 กรัมมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเนื้อสุกรแสดงดังตารางที่ 2.3



ภาพที่ 2.1 ตำแหน่งของชิ้นเนื้อสุกร

ที่มา : ดัดแปลงจาก The complete meat cookbook (1998)

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงตำแหน่งลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ของเนื้อหมูและองค์ประกอบทางเคมี

ตำแหน่ง	ลักษณะ	การนำไปใช้ประโยชน์	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)
หัวไหล่	เป็นเนื้อส่วนที่มีพังศืดและมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ	เป็นเนื้อที่เหมาะสมสำหรับประกอบอาหารประเภท ต้ม ตุ่น และเนือบด	น้ำ 52.00 ไขมัน 33.00 โปรตีน 14.40 เถ้า 0.80

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ตารางแสดงตำแหน่งลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ของเนื้อหมูและองค์ประกอบทางเคมี

ตำแหน่ง	ลักษณะ	การนำไปใช้ประโยชน์	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)
เนื้อสัน	เป็นเนื้อส่วนที่นุ่มที่สุด ประกอบด้วยเนื้อแดงจึงทำให้ไม่จำเป็นต้องหมัก ก็มีควมนุ่ม	เป็นเนื้อที่เหมาะสมสำหรับการนำไปทอดอย่างและอบ	น้ำ 63.00
			ไขมัน 18.10
			โปรตีน 17.90
			เถ้า 1.00
สะโพก (Round)	มีกล้ามเนื้อที่มีลักษณะเนื้อแข็ง เหมาะสำหรับคนที่กำลังลดไขมัน เพราะเป็นส่วนที่มีไขมันน้อย	เนื้อส่วนที่นำไปตุ๋น สตู และหมูฝอย	น้ำ 60.00
			โปรตีน 17.20
			ไขมัน 22.00
			เถ้า 0.80
ท้อง (Belly)	เนื้อส่วนที่มีไขมันและกล้ามเนื้อแบ่งเป็นชั้นๆ โดยมีชั้นผิวหนังชั้นไขมันชั้นเนื้อหรือที่เรียกว่าหมูสามชั้น	เนื้อส่วนที่เหมาะสมนำไปแปรรูปเป็นเบคอน ต้มหรือตุ๋น	น้ำ 47.25
			ไขมัน 37.00
			โปรตีน 13.90
			เถ้า 1.85

ที่มา: ชัยณรงค์, 2529; เยาวลักษณ์, 2536

ตารางที่ 2.3 พลังงานที่ได้รับจากเนื้อสุกร 100 กรัม (108 กิโลแคลอรี)

สารอาหาร	จำนวน	หน่วย
น้ำ	75.8	กรัม
โปรตีน	19.6	กรัม
ไขมัน	3.3	กรัม
เต้า	0.9	กรัม
แคลเซียม	2	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1 (ไทอะมีน)	0.69	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2 (ไรโบฟลาวิน)	0.26	มิลลิกรัม
วิตามินบี 3 (ไนอะซิน)	3.7	มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ, 2544

2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อสัตว์เมื่อได้รับความร้อน

เนื้อสัตว์ เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพตามกระบวนการที่แตกต่างกัน การใช้ความร้อนแบบต่างๆ เช่น การต้ม การตุ๋น การนึ่ง การอบ หรือการทอด มีปัจจัยของอุณหภูมิกับเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ส่งผลให้เนื้อสัตว์เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยความร้อนจะส่งผลให้โปรตีนในกล้ามเนื้อสูญเสียสภาพธรรมชาติ ส่วนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีคอลลาเจน เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นเจลาตินส่งผลให้เนื้อสัตว์มีความนุ่ม (ประชา และอรวินท์, 2519)

ความร้อนส่งผลต่อ โปรตีนไมโอไฟบริลลาที่อยู่ในเส้นใยกล้ามเนื้อ ที่เป็นโมเลกุลของโปรตีน แอคตินและไมโอซิน โดยที่จะเริ่มเกิดการเปลี่ยนที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อสัตว์ที่ได้รับความร้อนเริ่มเกิดการหดตัว และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โปรตีนเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน และสูญเสียสภาพธรรมชาติ โดยที่การหดตัวนั้นจะขึ้นอยู่กับโปรตีนไมโอไฟบริลลา เนื่องจากน้ำที่อยู่ในกล้ามเนื้อจะถูกจัดเก็บอยู่ภายในโปรตีนแอคตินและไมโอซินที่เป็นโมเลกุลของโปรตีน

ไมโอไฟบริลลา โดยที่อุณหภูมิความร้อนที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส จะทำให้เส้นใยของกล้ามเนื้อหดตัวตามแนวขวาง และที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส เส้นใยกล้ามเนื้อจะหดตัวตามแนวยาว เมื่ออุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส การหดตัวจะเพิ่มจนเกือบเป็นเส้นตรง การหดตัวของกล้ามเนื้อจะก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำในเส้นใยกล้ามเนื้อ เนื่องจากกล้ามเนื้อหดตัวลง น้ำที่อยู่ในกล้ามเนื้อก็จะถูกบีบให้ออกมาสู่ภายนอกกล้ามเนื้อ และจะสูญเสียน้ำมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้น (Baldwin, 2012)

นอกจากนี้ น้ำในกล้ามเนื้อที่ไหลออกมายังมีองค์ประกอบของโปรตีนซาร์โคพลาสมิก เอนไซม์ และรงควัตถุไมโอโกลบิน คือ สารที่ให้สีแดงในเนื้อสัตว์ ซึ่งโปรตีนซาร์โคพลาสมิกเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำ ต่างจากโปรตีนไมโอไฟบริลลาหรือคอลลาเจนที่ไม่ละลายในน้ำแต่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน ดังที่กล่าวมาในข้างต้น โดยโปรตีนซาร์โคพลาสมิกจะเริ่มขยายตัวที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อน ทำให้โปรตีนที่อยู่ในเส้นใยกล้ามเนื้อละลายออกมากับน้ำออกสู่ภายนอกกล้ามเนื้อและจับตัวกันเป็นก้อนเกิดเป็นตะกอนจะเสร็จสิ้นกระบวนการที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส (Baldwin, 2012)

ในอุตสาหกรรมอาหารและการบริการ ตะกอนของโปรตีนที่อยู่ในน้ำซุ้จะถูกคัดออกหรือกรองออก เพราะโปรตีนที่ออกมาจะทำให้น้ำซุ้ข้นคูลไม่น่ารับประทาน การกรองจะช่วยดักจับตะกอนของโปรตีนที่ละลายออกมากับน้ำซุ้ ทำให้น้ำซุ้ที่ได้ดูใสขึ้นและน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้รงควัตถุไมโอโกลบินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนไปเป็นฮีโมโครมจะทำให้เนื้อสัตว์มีสีน้ำตาล (Baldwin, 2012) และเนื่องจากไมโอโกลบินสามารถละลายน้ำได้ เมื่อให้ความร้อน ไมโอโกลบินละลายออกมากับน้ำมากๆ จะทำให้เนื้อสัตว์มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และค่าสีแดงลดลง แต่ถ้าได้รับความร้อนเป็นระยะเวลาสั้นเกินไป จะทำให้เนื้อสัตว์มีสีซีด คูลไม่น่ารับประทาน ซึ่ง ฉัฐพล (2561) ทำการศึกษาการใช้การให้ความร้อนในสถานะสูญญากาศ หรือที่เรียกว่าการซูวีด (Sous-vide) และทำร่วมกับความดันเพื่อการผลิตเนื้อออกไก่อนุ่มสำหรับผู้สูงอายุ พบว่า เมื่อให้ความร้อนและระยะเวลาเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เนื้อออกไก่อมีค่าความสว่างมากขึ้น และค่าสีแดงลดลง นอกจากนี้พบว่า เมื่อทำการซูวีดโดยให้ความร้อนต่ำเป็นระยะเวลาสั้นทำให้เนื้อออกไก่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนที่อยู่ในเส้นใยกล้ามเนื้อละลายออกมากับน้ำออกสู่ภายนอกกล้ามเนื้อ และจับตัวกันเป็นก้อนเกิดเป็นตะกอนของโปรตีน ซึ่งสอดคล้องกับที่ได้กล่าวมาข้างต้น

2.3.1 คุณลักษณะทางกายภาพ

2.3.1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัส (texture) หมายถึง คุณสมบัติของอาหารทางกายภาพที่มีค่าการตอบสนองของการสัมผัสของวัสดุที่มีแรงต้านทาน โดยในกรณีของผลผลิตทางการเกษตรและอาหารจะมีค่าการตอบสนองเป็นแรงเชิงกล เช่น แรงที่เกิดจากการกดทับหรือทับซ้อนกันของผักและผลไม้ แรงจากการกระแทก แรงจากการสัมผัสด้วยมือ แรงที่เกิดจากการบดหรือเคี้ยวอาหาร และแรงที่เกิดจากการแปรรูปอาหารที่เกิดจากเครื่องจักรที่มีผลต่อส่วนผสมของอาหารเป็นต้น ตัวอย่างของค่าที่เกิดจากเนื้อสัมผัสของอาหารและผลผลิตทางการเกษตรมีดังนี้ ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าความยืดหยุ่น (elasticity) ค่าความนุ่ม (tenderness) ค่าความเหนียว (toughness) ค่าการเกาะตัวกันเอง (cohesiveness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) ค่าการเคี้ยว (chewiness) เป็นต้น การนำค่าเนื้อสัมผัสไปใช้นั้นก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติอาหารและปัจจัยในการผลิตอาหารชนิดนั้นๆ ว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นหรือไม่ วิธีที่นิยมใช้ คือ การวิเคราะห์ลักษณะของเนื้อสัมผัส (texture profile analysis, TPA) ซึ่งการวัดด้วยวิธีนี้จะบ่งบอกค่าเนื้อสัมผัสได้หลายอย่าง เช่น ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะตัวกันเอง (cohesiveness) ค่าความเค็ง (springiness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) และค่าการเคี้ยว (chewiness) โดยมีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเซนติเมตร การเลือกใช้วิธีในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ ควรเลือกใช้ให้เหมาะสม เพื่อให้ค่าที่ได้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด (ดัดแปลงจาก ปานมนัส, 2559)

2.3.1.2 สารสีในอาหาร

สี เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการประเมินคุณภาพของอาหารทางประสาทสัมผัส เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่พิจารณาคุณภาพจากการมองเห็นสีของอาหารเป็นอันดับแรก สำหรับสารสีธรรมชาติที่พบอยู่ในเนื้อสัตว์ เรียกว่า ไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งจัดเป็นฮีมโปรตีน (heme protein) ซึ่งมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความร้อน รังควัตถุไมโอโกลบินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นฮีม โครม จะทำให้เนื้อสัตว์มีสีน้ำตาล และเมื่อใช้ความร้อนเป็นเวลานานๆ รังควัตถุไมโอโกลบินจะละลายออกมากับน้ำ จะทำให้เนื้อสัตว์มีค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้นและค่าสีแดงลดลง และเมื่อได้รับความร้อนเป็นระยะเวลาานเกินไป จะทำให้เนื้อสัตว์มีสีซีดดูไม่น่ารับประทาน ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (นิธิยา, 2544)

2.3.1.3 ค่าความขุ่น

ความขุ่น (turbidity) หมายถึง ภาวะที่ของไหลที่มีความขุ่นหรือมัวเพราะได้รับการปนเปื้อนจากอนุภาคต่าง ๆ หรือสารแขวนลอยหลายขนาด โดยที่อาจมองเห็นหรือมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า โดยใช้วิธีวัดค่ามาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งเป็นตัวชี้วัดในการทดสอบคุณภาพของตัวอย่างในน้ำหรือของไหลอื่นๆ

ของไหลสามารถมีวัตถุแขวนลอยอยู่ได้ ซึ่งอาจประกอบจากอนุภาคที่มีขนาดแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในของไหลชนิดนั้นว่ามีสิ่งใดเป็นองค์ประกอบ ซึ่งกรณีของเหลวมีวัตถุแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักรวมมากวัตถุนั้นก็จะมีมวลอย่างรวดเร็วสู่ก้นภาชนะเรียกว่าการตกตะกอน ในขณะที่เดียวกันอนุภาคที่เล็กมากจะค่อยๆ จมลงหรือไม่จมลงเลยถ้าของเหลวนั้นได้รับการสนับสนุนเป็นประจำหรืออนุภาคนั้นมีลักษณะเป็นคอลลอยด์ ของแข็งขนาดเล็กเหล่านี้ก็เป็นสาเหตุให้ของเหลวเกิดการขุ่นได้

2.3.1.4 ค่าการสูญเสียเสียน้ำหนัก

ค่าการสูญเสียเสียน้ำหนัก (cooking loss) เป็นการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงอาหารไม่ว่าจะเป็น น้ำ ไขมัน เกลือแร่ วิตามินต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหารที่เกิดจากการปรุงด้วยวิธีการต่างๆ เนื้อสัตว์เมื่อได้รับความร้อน เนื้อสัตว์จะเกิดการหดตัวเนื่องจากการเสียดสีของโปรตีน น้ำในเนื้อสัตว์จะถูกขับออกมาภายนอก ทำให้น้ำหนักมีขนาดหรือน้ำหนักที่ลดลง

2.4 น้ำซุป

น้ำซุป เป็นส่วนผสมสำคัญที่ใช้ในการปรุงอาหาร และเป็นส่วนประกอบของอาหารหลายเมนู น้ำซุปใสหรือเรียกว่าน้ำสต็อก (stock) ได้จากการเคี่ยวกระดูกสัตว์อย่าง กระดูกหมูสันหลังหมู ผัก และเครื่องเทศต่างๆพร้อมเครื่องปรุงรส เพื่อช่วยดึงกลิ่นรสของน้ำซุปให้มีรสชาติที่กลมกล่อม และเหมาะสมกับการนำไปใช้ในเมนูอาหารต่างๆ อย่างเช่น สตูหมู ก๋วยเตี๋ยวหมู ข้าวต้มหมู เป็นต้น เมนูต้มหรือตุ๋นมีน้ำซุปเป็นส่วนประกอบหลัก แม้แต่ในเมนูผัดก็ยังใช้น้ำสต็อกเพื่อช่วยดึงรสชาติของอาหารชนิดนั้นให้ออกมาได้มากขึ้น น้ำสต็อกมีคุณสมบัติที่ดีกว่าน้ำเปล่า เนื่องจากในน้ำสต็อกมีกลิ่นและรสชาติพิเศษที่ได้จากเกี่ยวสกัดวัตถุดิบชนิดต่างๆจึงทำให้อาหารมีรสชาติที่อร่อยยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำซุป ควรเลือกให้เหมาะกับเมนูอาหารที่ต้องการ เพื่อที่ได้ดึงรสชาติเมนูอาหารชนิดนั้นออกมาให้ได้มากที่สุด (บังอร และคณะ, 2551)

2.4.1 วัตถุดิบที่ใช้ในน้ำซุป

2.4.1.1 กระดูกสันหลังหมู (เล้ง)

เป็นหัวใจหลักของน้ำซุป เมื่อกระดูกสันหลังหมูได้รับความร้อน โปรตีนที่อยู่ในเนื้อและกระดูกจะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยโปรตีนซาร์โคพาสมิก วิตามิน และเกลือแร่ที่ละลายในน้ำจะออกมาในน้ำซุป หนึ่งในนั้น คือ กลูตามิก ที่ทำให้น้ำซุwmักกลิ่นหอมและมีรสชาติ น้ำซุปกระดูกหมูที่กลมกล่อม (บั้งอร และคณะ, 2551) นอกจากนี้กระดูกสันหลังยังมีส่วนที่เรียกว่า bone marrow ซึ่งมีวิตามิน เกลือแร่ และเป็นส่วนที่ทำให้กระดูกสันหลังหมูมีรสชาติ

2.4.1.2 หัวไชเท้า

เป็นพืชหัวที่อยู่ใต้ดิน มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก โดยได้รับความนิยมนอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการแปรรูปหรือการนำมาปรุงเป็นเมนูอาหารต่างๆ เพราะมีรสชาติหวานหอม จึงนิยมนำมาหั่นและเคี้ยวในน้ำซุปเพื่อเพิ่มรสชาติและกลิ่นของน้ำซุปให้หอมขึ้น (สุนีมาศ, 2553)

2.4.1.3 กระเทียม

กระเทียมเป็นเครื่องเทศที่สำคัญ เพราะช่วยเพิ่มกลิ่น และรสชาติของน้ำซุปให้มีความอร่อยและกลมกล่อมขึ้น นอกจากนี้กระเทียมยังมีสรรพคุณทางยา ช่วยบำรุงหัวใจ ลดไขมันในเส้นเลือด แก้อาการไข้หวัด ลดอาการจุกเสียดแน่นท้อง และโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ คนส่วนใหญ่จึงนิยมใส่กระเทียมลงไป ในน้ำซุป เพื่อเพิ่มกลิ่นรส และสรรพคุณทางยา (สุนีมาศ, 2553)

2.4.1.4 พริกไทยดำ

พริกไทยดำ คือ พริกไทยที่ไม่ได้รับการขัดสี จากนั้นนำมาตากแห้ง มีรสชาติเผ็ดร้อนและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว พริกไทยดำยังมีสรรพคุณทางยามากมาย ในตำราแพทย์แผนจีนนิยมนำพริกไทยมาเคี้ยวเป็นซูปเพื่อรักษาโรคแก้อาการจุกเสียด แน่นเฟ้อ จากอาหารไม่ย่อย แก้อาการอ่อนเพลียทำให้รู้สึกสดชื่น และในอาหารยังช่วยทำให้ไม่เลี่ยนอีกด้วย (สุนีมาศ, 2553)

2.4.1.5 รากผักชี

รากผักชีเป็นเครื่องเทศที่มีน้ำมันหอมระเหย ช่วยให้น้ำซุwmักกลิ่นรสที่ดีขึ้น นอกจากนี้รากผักชียังมีสรรพคุณทางยาช่วยให้เจริญอาหาร ขับเหงื่อ และขับเสมหะ จึงได้รับความนิยมในการนำไปเป็นเครื่องเทศที่สำคัญในการทำซูป เพราะช่วยให้เจริญอาหาร และทำให้อาหารไม่เลี่ยน (สุนีมาศ, 2553)

2.5 อันตรายทางชีวภาพที่พบในอาหาร

อันตรายทางชีวภาพ (Biological hazard) คือ อันตรายที่เกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิตที่ก่อให้เกิดผลไม่ดีต่อสุขภาพและร่างกายของมนุษย์ โดยส่วนใหญ่เชื้อที่ก่อโรคในอาหารจะเป็นเชื้อที่เกิดจากจุลินทรีย์ อาจเกิดจากการปนเปื้อนจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต หรืออาจเกิดขึ้นจากขั้นตอนในการผลิตอาหารในขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิตจากมนุษย์ เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากจุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหารจึงจำเป็นต้องทำลายเชื้อจุลินทรีย์เหล่านั้น (คมแข, 2559) โดยทั่วไปจะใช้ความร้อนในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ แบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ การให้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์ และการให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ (นิธิยา, 2544) สำหรับอาหารประเภทเนื้อสัตว์หรืออาหารปรุงสุกพร้อมรับประทานส่วนใหญ่อาจมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ เช่น *Bacillus cereus* , *Staphylococcus aureus* , *Salmonella spp.* , *Escherichia coli* , *Clostridium perfringens* , *Shigella spp.* , *Listeria monocytogenes* เป็นต้น (นิธิยา และวิบูลย์, 2553) โดยอาการของโรคประเภทของอาหารที่พบ และการป้องกัน จากเชื้อจุลินทรีย์ที่กล่าวมาข้างต้น อธิบายรายละเอียดไว้ใน ตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เชื้อก่อโรคในอาหารประเภทอาหารและการป้องกัน

เชื้อก่อโรคในอาหาร	อาหารที่พบ	การป้องกัน
<i>Bacillus Cereus</i>	เนื้อสัตว์ นม ผัก อาหารปรุงสุก	การให้ความร้อนที่อุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์ 63 องศาเซลเซียส 15 นาที
<i>Staphylococcus aureus</i>	พบในอาหารพร้อมบริโภค	เซลล์ของเชื้อไม่ทนความร้อนสามารถทำลายได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 15 นาที สารพิษสามารถทนความร้อนสูงกว่า

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) เชื้อก่อโรคในอาหารประเภทอาหารและการป้องกัน

เชื้อก่อโรคในอาหาร	อาหารที่พบ	การป้องกัน
<i>Staphylococcus aureus</i>		100 องศาเซลเซียสได้ จึงควรใช้วิธีการป้องกันและควบคุมสุขลักษณะของพนักงานในขั้นตอนการผลิตเพื่อป้องกันการปนเปื้อนในอาหาร
<i>Salmonella spp.</i>	พบในเนื้อสัตว์ ปีก หมู วัว ไก่ นำนม อาหารทะเล	เป็นเชื้อที่ไม่ทนต่อความร้อน สามารถทำลายได้ด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 4-5 นาที หรือ 100 องศาเซลเซียส 1 นาที
<i>Escherichia coli</i>	พบในเนื้อสัตว์ ผักสด หรืออาหารที่ปนเปื้อนจากอุจจาระหรือลำไส้ของสัตว์	สามารถฆ่าเชื้อได้ด้วยอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส 15 นาที
<i>Shigella spp.</i>	สลัด ผักดิบ นม เนื้อสัตว์ และอาหารพร้อมบริโภค	สามารถฆ่าเชื้อได้ด้วยอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์
<i>Clostridium perfringens</i>	เนื้อสัตว์ดิบ เครื่องเทศ สตู อาหารปรุงสุก	สามารถทำลายเชื้อได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
<i>Listeria monocytogenes</i>	อาหารพร้อมบริโภค ไข่กรอก อาหารทะเล นำนมดิบ	สามารถฆ่าเชื้อได้ด้วยอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์

ที่มา : นิธิยา และวิบูลย์, 2553

2.6 วิธีการพื้นที่ผิวตอบสนอง

วิธีการพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) เป็นการแสดงหรือตัวแทนทางเรขาคณิตที่ได้รับ เมื่อผลตอบสนองของตัวแปร (response) ที่ถูกสร้างขึ้นเป็นฟังก์ชันของตัวแปรเหล่านั้นจะถูกนำมาวางแผนด้วยเทคนิคทางสถิตินี้ จะใช้แผนภาพแบบคอนทัวร์ (contour Plot) ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้รับความสนใจ เช่น อุณหภูมิหรือเวลา ที่ใช้ในการทดลอง ผลที่ได้ในการหาความสัมพันธ์ คือ สามารถหาสูตรที่จะใช้ในการทดลองหรือหาสภาวะที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดลอง (optimization) จากที่กล่าวมาเมื่อเราวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่สนใจเหล่านั้นพร้อมกัน โดยต้องมีความรู้พื้นฐานในการวางแผนการทดลองเพื่อเลือกการวางแผนการทดลองและการออกแบบการทดลองที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์สมการถดถอย และ สร้างแผนภาพคอนทัวร์ (อนุวัตร, 2552)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวิธี RSM สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + E \dots \dots \dots$$

โดยที่ Y คือ ค่าการตอบสนอง (response) ซึ่งเป็นตัวแปรตาม และ X_1, X_2, \dots, X_k คือตัวแปรที่สนใจซึ่งเป็นตัวแปรต้น E คือ error term ของความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันของตัวแปร ซึ่งมักใช้สมการลำดับที่ 1 (first order model) หรือสมการลำดับที่ 2 (second order model) หรือสมการพหุนาม (polynomial model) เป็นตัวอธิบาย โดยวิธีการทางสถิติที่ใช้ คือ วิธีกำลังสองที่น้อยที่สุด (the least square method) เพื่อประมาณค่ามิเตอร์ต่างๆ

แผนภาพแบบอนุกรม (series) ที่มีเส้นหรือกราฟ ที่มีค่าที่แน่นอนและคงที่ และคงที่สอดคล้องกับระดับของปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไป แผนภาพคอนทัวร์นั้นมีหลายแบบสอดคล้องกับสมการถดถอยที่ตรวจสอบได้ เช่น mound-shaped, stationary ridge, rising ridge, saddle โดยแผนภาพคอนทัวร์ที่สร้างเป็นแผนภาพ 3 มิติ เรียกว่า surface plot (อนุวัตร, 2552)

2.6.1 การวางแผนการทดลองพื้นที่ผิวตอบสนอง

การวางแผนการทดลองแบบ RSM นิยมใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ขึ้นอยู่กับปัจจัยและข้อจำกัดที่จะเลือกใช้แบบจำลอง และตัวแปรต่าง ๆ ว่าเป็นตัวแปรที่ใช้ในขั้นตอนการพัฒนาสูตรหรือกรรมวิธี ในการวางแผนอย่างไร วิธีที่นิยมใช้เป็นการวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) ที่นิยมทำซ้ำที่ตรงกลางของระดับปัจจัย เพื่อใช้ในการประมาณความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ซึ่งการเพิ่มขึ้นจำนวนซ้ำจะส่งผลกระทบต่อค่า α ซึ่งอาจจะต้อง

เปลี่ยนไปตามจำนวนซ้ำ เพื่อให้สิ่งทดลองเป็นอิสระต่อกัน (Orthogonal) อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ มักจะกำหนดค่า α ก่อนแล้วจึงทำการทดลองซ้ำที่ตรงจุดกลาง $\alpha = 1$ ซึ่งแต่ละจุดของการทดลองที่เพิ่มขึ้นจะอยู่บนแต่ละด้านของลูกบาศก์ 2^3 แฟคทอเรียล, Design แบบนี้จะเรียกว่า Face-centered central composite design ซึ่งจะเห็นว่าจำนวนระดับในแต่ละปัจจัยจะน้อยลงไป ซึ่งจะช่วยลดจำนวนตัวอย่างในการทดลองเป็นอย่างมากทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดสอบ (อนุวัตร, 2549)

2.6.2 การหาค่าจุดหรือพื้นที่ที่เหมาะสม

สามารถหาได้โดยใช้ Desirability function ค่า Desirability เป็นค่าที่บอกถึงระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ค่า Desirability จะมีช่วงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่า Desirability จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของระดับความพึงพอใจ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าอยู่ในเกณฑ์ใด ตัวอย่างคะแนน Desirability จะแสดงความหมาย ตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของค่า Desirability กับระดับความพึงพอใจต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ค่า Desirability	ระดับความพึงพอใจ	คุณภาพของผลิตภัณฑ์
1.00	ดีที่สุด	มีความพึงพอใจและมีคุณภาพที่ดีที่สุดเกินกว่าจะปรับปรุงมากไปกว่าจุดนี้
1.00-0.80	ดีมาก	มีความพึงพอใจที่ดีที่สุดที่ยอมรับได้ และบ่งบอกถึงคุณภาพที่ดีที่สุดแต่เกินกว่าที่จะนำมาใช้ในการการค้าได้
0.80-0.63	ดี	มีความพึงพอใจที่ดี และสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพทางการค้าได้ดีที่สุด
0.63-0.37	น่าพอใจ	มีความพึงพอใจและคุณภาพอยู่ในระดับที่ยอมรับได้แต่ไม่ดี ต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น
0.37-0.20	แย่มาก	ไม่สามารถยอมรับได้เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ไม่มีคุณภาพจะนำไปสู่ความผิดพลาด
0.20-0.00	แย่มาก	ไม่สามารถยอมรับได้โดยสิ้นเชิง

ที่มา : คัดแปลงจาก Lazic, 2004

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Andre และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาการใช้อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลาานานที่มีผลต่อกล้ามเนื้อของสุกรในส่วนของกล้ามเนื้อ longissimus thoracis และ lumborum ร่วมกับการใช้น้ำ โดยการนำตัวอย่างเนื้อสุกรที่ตัดแต่งไขมันออกเรียบรื้อแล้วขนาด 14×11×5 เซนติเมตร มาห่อในอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปนึ่งในหม้อไอน้ำที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส และ 58 องศาเซลเซียส (ความชื้น 20%) เป็นเวลา 10, 20 และ 30 ชั่วโมง โดยเริ่มวัดจากอุณหภูมิแกนกลาง พบว่าค่าสีแดง a* ลดลง เมื่อให้ความร้อน และค่าการสูญเสียในการทำอาหารให้สุก (cooking loss) เพิ่มสูงขึ้น ที่เวลา 10 และ 20 ชั่วโมง ทั้งในอุณหภูมิ 53 และ 58 องศาเซลเซียส และคงที่ที่เวลา 20 และ 30 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นส่งผลต่อค่าความนุ่มของเนื้อสัตว์ ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียสพบว่า ค่าแรงเฉือนลดลงจนถึง 10 ชั่วโมงแรก และเมื่อให้ความร้อนนานกว่า 10 ชั่วโมงไม่พบการเปลี่ยนแปลงต่างจากที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนเป็นระยะเวลาานานค่าแรงเฉือนจะยิ่งลดลง และคงที่ที่เวลา 30 ชั่วโมง ทั้งในอุณหภูมิ 53 และ 58 องศาเซลเซียส มีค่าแรงเฉือนที่ใกล้เคียงกัน ค่าแรงเฉือนที่ลดลง หมายถึง ค่าแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อให้ขาด ยิ่งค่าแรงเฉือนต่ำชิ้นเนื้อก็จะยิ่งนุ่มตัดขาดได้ง่าย ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้เนื้อนุ่มที่สุดคือ อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียสที่เวลา 20 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังได้มีการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าความร้อนระดับนี้สามารถทำลายเชื้อก่อโรคได้ (ประมาณ 5 log 10 cfu/g) ซึ่งปลอดภัยต่อผู้บริโภค

Cao และ Gu (2013) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเหนียวของเนื้อและคุณสมบัติของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของเนื้อวัวนุ่ม โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิเป็นต่ำระยะเวลาานาน โดยตรวจสอบค่าความเหนียวของการละลายของคอลลาเจนในเนื้อและโปรตีนคาร์ทีซิน ที่อุณหภูมิระหว่าง 53 องศาเซลเซียส และ 63 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 19 ชั่วโมง 30 นาที พบว่าความเหนียวของเนื้อลดลงเนื่องจากได้รับอุณหภูมิต่ำระยะเวลาานาน ทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันบางส่วนเกิดจากการเปลี่ยนแปลงเกิดสลายตัวของคอลลาเจนกลายเป็นเจลาตินทำให้เนื้อวัวมีความนุ่มเพิ่มมากขึ้น

Li และคณะ (2016) ศึกษาทางสมบัติทางเคมีกายภาพที่มีผลต่อกรดไขมันของหมูขุนที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน โดยใช้เนื้อหมูส่วนพื้นท้อง หั่นชิ้นเนื้อขนาด 5×11 เซนติเมตร แบ่งออกเป็นสามกลุ่ม กลุ่มที่ 1 เก็บวัดค่าเป็นเนื้อดิบ กลุ่มที่ 2 นำเนื้อหมูไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ส่วนกลุ่มที่ 3 เป็นเนื้อหมูที่ไม่ได้นำไปทอด จากนั้นนำเนื้อในกลุ่มที่ 2 และ 3 มั่นหั่นให้มีขนาด 4×4×4 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำใส่ลงในหม้อตุ๋น โดยอัตราส่วนน้ำต่อ

เนื้อสัตว์ คือ 1:4 จากนั้นนำไปตุ๋นที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที พบว่า เวลาในการปรุงอาหารที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อร้อยละของ ความชื้น โปรตีน และไขมันของ หมูตุ๋น นอกจากนี้เนื้อหมูที่ไม่ได้การทอดก่อนตุ๋นจะสูญเสียไขมันมากขึ้น และจากการวัดเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี TPA (texture profile analysis) พบว่า ความนุ่ม ความยืดหยุ่นที่เหมาะสมที่สุดคือเนื้อหมูที่ไม่ได้ผ่านการทอด และเกี่ยวเป็นระยะเวลา 150 นาที เนื้อหมูที่ไม่ได้ผ่านการทอดจะส่งผลให้เกิด ออกซิเดชันของไขมันได้เพิ่มขึ้นเมื่อเกี่ยวนาน 120 นาที

Girard และคณะ (2012) ศึกษากราฟแรงเฉือนของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (MF-SF) และ แรงเฉือนของ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน(CT-SF) ด้วยหัววัดแรงเฉือน(Warner-Bratzler shear force ,SF) โดยใช้เนื้อวัวส่วน สันสะโพก (Gluteus medius ,GM) และ เนื้อสะโพกด้านนอก (Semitendinosus ,ST) จากวัวพันธุ์ ลูกผสมทั้งหมดจาก 112 ตัวอย่าง โดยใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียล $2 \times 2 \times 2$ เพื่อหา ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของสัตว์ การใช้สารเร่งการเจริญเติบโตและสายพันธุ์ของวัว (พื้นบ้าน และต่างประเทศ) โดยมีโมเดลการวิเคราะห์แบบผสม ใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและการถดถอย พหุคูณแบบขั้นตอน เพื่อระบุความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน การวัดคุณภาพเนื้อและกรรมวิธีการ ผลิตเนื้อ พบว่าการกระจายของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของเนื้อสะโพกด้านนอกทำให้ SF เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับ อายุของสัตว์ และการใช้สารเร่งการเจริญเติบโต สำหรับเนื้อสันสะโพกจะขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ เพียงอย่างเดียว ส่วนการกระจายเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของเนื้อสันส่วนสะโพกด้านนอกทำให้แรงเฉือน เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ ส่วนวัวพันธุ์พื้นบ้านมีผลต่อเนื้อสันสะโพก การเปลี่ยนแปลงของ กราฟแรงเฉือนของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (MF-SF) และแรงเฉือนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน(CT-SF) เห็นได้ ชัด อธิบายได้โดยน้ำหนักของกล้ามเนื้อซึ่งเพิ่มขึ้นตามอายุของสัตว์ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลง ค่าแรงเฉือนของเนื้อสันสะโพกอธิบายได้จากค่าการสูญเสียน้ำหนักในการทำให้อสุก แสดงให้เห็น ว่าค่าแรงเฉือนของเนื้อสะโพกด้านนอกและเนื้อสันสะโพกมีผลกระทบมาจากเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน นอกจากนี้โปรตีน sarcoplasmic ยังมีบทบาททำให้เนื้อนุ่มสุกมีความคงตัว (เช่น โปรตีนกล้ามเนื้อละลายในน้ำหรือในสารละลายไอออนิกต่ำ) ส่วนใหญ่รวมตัวกันระหว่างอุณหภูมิ 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส

Laakkonen และคณะ (1970) ศึกษาความนุ่มของเนื้อที่อุณหภูมิต่างๆ โดยที่มีผลมาจากเอนไซม์ collagenase ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ ซึ่งยังทำงานได้ในขณะให้ความร้อนอย่างช้าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส แต่เมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เอนไซม์จะหยุดทำงาน ซึ่งการให้ความร้อนอย่างน้อย 6 ชั่วโมงส่งผลต่อความนุ่มของเนื้อ ใน ขณะเดียวกันน้ำจะสูญหายไป 25-30% (w/w)

Bendall และ Restall (1983) รายงานว่าในระหว่างการให้ความร้อน โปรตีนในเนื้อสัตว์ที่แตกต่างกันจะสูญเสียสภาพธรรมชาติแตกต่างกันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อสัตว์ เช่น การทำลายของเยื่อหุ้มเซลล์ การหดตัวตามขวาง และการหดตัวตามยาวของเส้นใยเนื้อสัตว์ การรวมตัวและการเกิดเจลของโปรตีน sarcoplasmic การหดตัวและการละลายของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน การหดตัวตามขวางของแกนไฟเบอร์เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ที่อุณหภูมิระหว่าง 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเปิดช่องว่างภายในเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อให้กว้างขึ้นมากกว่าเนื้อที่อยู่ในช่วงเกร็งตัว (rigor) ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเอนโดไมเซียมรอบข้าง

Hostetler และ Landman (1968) รายงานว่า ทั้งซาร์โคเมียและการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ มักจะเริ่มดันขึ้นที่อุณหภูมิ 40 ถึง 50 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เนื้อเยื่อและเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวแนวยาว การหดตัวจะเกิดเพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่งเป็นผลให้คอลลาเจนในกล้ามเนื้อ (ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน perimysial) หดตัวตามยาวที่ 64 องศาเซลเซียส (Mohr และ Bendall, 1969)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการงาน

3.1 วัสดุดิบ

3.1.1 เนื้อหมูส่วนสะโพก		จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.2 กระดูกสันหลังหมู		จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.3 รากผักชี		จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.4 กระเทียมไทย		จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.5 หัวไชเท้า		จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.6 น้ำตาลกรวด	ตราภูเขา	จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.7 น้ำมันรำข้าว	ตราคิง	จาก ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต
3.1.8 พริกไทยดำ	ตรามือ	จาก ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต
3.1.9 ผงพะโล้	ตราสติ	จาก ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต
3.1.10 ซีอิ๊วขาว	ตราเด็กสมบูรณ์	จาก ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต
3.1.11 ซีอิ๊วดำ	ตราวงเวียน	จาก ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต
3.1.12 เกลือ	ตราปรุngthip	จาก ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต
3.1.13 ผงชูรส	ตราอายโนะโมโต้ะ	จาก ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต
3.1.14 ผงปรุงอาหารรสหมู	ตราสติ	จาก ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต
3.1.15 น้ำกรองจากระบบน้ำใช้ในห้องปฏิบัติการ		

3.2 อุปกรณ์ เครื่องมือ และอาหารเลี้ยงเชื้อ

- 3.2.1 ถังพลาสติกชนิด Laminate low density polyethylene (LLDPE)
- 3.2.2 เครื่องปิดผนึก (CHAMP, รุ่น 300, ประเทศไทย)
- 3.2.3 Hot plate (EGO, รุ่น 18715, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.4 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ Water bath (Mettler, รุ่น WN87, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.5 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบมือถือ (UN-305 A,K Type thermocouple, ประเทศญี่ปุ่น)

- 3.2.6 ตู้เย็น (Haier, รุ่น HCF368H-2, ประเทศจีน)
- 3.2.7 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, รุ่น BP3100S, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.8 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave, รุ่น Hiclvvetm, ประเทศญี่ปุ่น)
- 3.2.9 เครื่องวัดค่าสี (Konica Minolta, รุ่น CR 400, ประเทศญี่ปุ่น)
- 3.2.10 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, รุ่น TA-XT Plus, ประเทศอังกฤษ)
- 3.2.11 เครื่องวัดความขุ่น (Lovibond, รุ่น Therbichek, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.12 เครื่องตีปั่นอาหาร (Stomacher, รุ่น AES Laboratoire, ประเทศฝรั่งเศส)
- 3.2.13 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator, รุ่น Memmert be 500, ประเทศญี่ปุ่น)
- 3.2.14 อาหารเลี้ยงเชื้อ Total plate count (TPC) agar (ยี่ห้อ Difco BBL, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 3.2.15 จานเลี้ยงเชื้อ
- 3.2.16 ปิเปต
- 3.2.17 หลอดทดลอง
- 3.2.18 กระจกตวง
- 3.2.19 น้ำกลั่น
- 3.2.20 เครื่องครัว

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การคัดเลือกและปรับปรุงสูตรน้ำซุบที่ใช้ในการคั่ว

ทำการคัดเลือกสูตรน้ำซุบ โดยคัดเลือกสูตรและวิธีการเตรียมน้ำซุบ จากสูตรมาตรฐานที่ใช้โดยทั่วไปจากตำรับอาหารจำนวน 3 สูตร โดยแต่ละสูตรมีส่วนประกอบและปริมาณต่างๆ แสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งมีวิธีการเตรียมน้ำซุบในแต่ละสูตรดังนี้

วิธีเตรียมน้ำซุบสูตรที่ 1 เริ่มจากล้างกระดุกสันหลังหมูให้สะอาด ใส่งในหม้อที่บรรจุ น้ำในปริมาณที่กำหนดตามอัตราส่วนจากตารางที่ 3.1 จากนั้นใส่หัวไชเท้าที่ผ่านการล้างน้ำสะอาด ปอกเปลือก และหั่นแฉกเรียบร้อยแล้ว ใส่งไปในหม้อ ตามด้วยรากผักชี กระเทียม และพริกไทย ที่ทุบหยาบ นำส่วนผสมทั้งหมดไปให้ความร้อนระดับไฟกลาง (อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส) ในระหว่างการให้ความร้อนให้ตักฟองออกจากส่วนผสมและปรุงรสด้วยเกลือ ซีอิ้วขาว และน้ำตาลกรวด เคี่ยวต่อที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส จนน้ำซุบมีรสชาติหวานและกลิ่นหอม ใช้เวลาเคี่ยว 3 ชั่วโมง (ทวิทอง และคณะ, 2546)

วิธีเตรียมน้ำซุปลูตรที่ 2 ล้างกระดูกสันหลังหมูให้สะอาด และลวกน้ำเดือดนาน 5 นาที จากนั้นนำกระดูกสันหลังหมูที่ลวกแล้วใส่ในหม้อที่บรรจุหัวไชเท้าหั่นแฉ่น รากผักชีทั้งชิ้น กระเทียมกลีบ และพริกไทยเม็ด นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส รอจนน้ำเดือดจึง ปรับระดับความร้อนลงเหลือประมาณ 85 องศาเซลเซียส ในระหว่างนั้นตักฟองทิ้ง ปรุงรสด้วยเกลือ ซีอิ๊วขาว และน้ำตาลกรวด ต้มเคี่ยวต่อจนน้ำซุปลูตรมีรสชาติหวาน ใช้เวลาเคี่ยว 3 ชั่วโมง (นิตดา และคณะ, 2550)

วิธีเตรียมน้ำซุปลูตรที่ 3 ล้างกระดูกสันหลังหมูให้สะอาดเตรียมเอาไว้ จากนั้นคั่วผงพะโล้ เม็ดพริกไทย รากผักชี กระเทียม เกลือ กระดูกหมู กับน้ำมันพืชจนเกิดกลิ่นหอม แล้วจึงเทน้ำสะอาดและใส่กระดูกสันหลังลงไปเคี่ยวช้าๆ ที่อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเคี่ยว 3 ชั่วโมง (ศราวุฒิ และคณะ, 2554)

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนสูตรน้ำซุปรกระดูกหมู

สูตรที่ 1 ¹		สูตรที่ 2 ²		สูตรที่ 3 ³	
วัตถุดิบ	ปริมาณ (%โดย น้ำหนัก)	วัตถุดิบ	ปริมาณ (%โดย น้ำหนัก)	วัตถุดิบ	ปริมาณ (%โดย น้ำหนัก)
น้ำสะอาด	77.81	น้ำสะอาด	70.03	น้ำสะอาด	90.32
กระดูกสันหลังหมู	11.52	กระดูกสันหลังหมู	19.45	กระดูกสันหลังหมู	4.54
หัวไชเท้าหั่นแว่น	5.76	หัวไชเท้าหั่นแว่น	6.48	ผงพะโล้	0.91
น้ำตาลกรวด	1.30	น้ำตาลกรวด	1.12	ซีอิ๊วดำ	2.05
กระเทียม	1.30	กระเทียม	0.73	เกลือแกง	0.55
ซีอิ๊วขาว	0.69	ซีอิ๊วขาว	0.73	น้ำมันรำข้าว	0.55
เกลือแกง	0.69	รากผักชี	0.58	กระเทียม	0.36
รากผักชี	0.58	เกลือแกง	0.49	รากผักชี	0.36
พริกไทย	0.35	พริกไทย	0.39	พริกไทย	0.36

ที่มา: ทวีทอง และคณะ, 2546¹; นิดดา และคณะ, 2550²; ทรายวดี และคณะ, 2554³

การคัดเลือกเพื่อหาสูตรน้ำซุปรที่ใช้ในการตุ๋นทำโดยนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสและคัดเลือกจากสูตรที่ได้รับความนิยมจากผู้ทดสอบที่ชอบรับประทานอาหารประเภทตุ๋น จำนวน 50 คน โดยการให้คะแนนความชอบของคุณลักษณะในด้านต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความใสของน้ำซุปร และความชอบรวม (แบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ก) ให้คะแนนด้วยแบบ 9-Point hedonic scale กำหนดให้คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด 2 คือ ไม่ชอบมาก 3 คือ ไม่ชอบปานกลาง 4 คือ ไม่ชอบเล็กน้อย 5 คือ บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 คือ ชอบเล็กน้อย 7 คือ ชอบปานกลาง 8 คือ ชอบมาก และ 9 คือ ชอบมากที่สุดตามลำดับ เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับความนิยม

ความชอบสูงที่สุดเพียง 1 สูตร จากนั้นนำมาทำการปรับปรุงสูตรน้ำซุปรที่คัดเลือกได้ด้วยวิธีการ Just about right scale (JAR) เพื่อหาความพอดีในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความใสของน้ำซุปร และความชอบรวมโดยให้ผู้ทดสอบชิมซึ่งเป็นผู้ที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน (แบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ก) โดยกำหนดให้คุณลักษณะที่ประเมินที่มีการให้คะแนนความพอดี มากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนน จาก 9 คะแนน จะถือว่าเป็นระดับที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับหากคุณลักษณะด้านใดที่ได้คะแนนน้อยกว่า 7 คะแนนจะมีการปรับสูตรจนได้ค่าความพอดีมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนนตามลำดับ เพื่อนำสูตรน้ำซุปรที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตหมูต้นสำเร็จรูปในขั้นต่อไป

3.3.2 การเตรียมเนื้อหมู

การเตรียมเนื้อหมูสำหรับการทดลองจะนำเนื้อหมูสดส่วนสะโพก มาทำการตัดแต่งส่วนพังศึคออก แล้วนำเนื้อไปล้างผ่านน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เพื่อล้างเลือดและสิ่งปนเปื้อนออกจากวัตถุดิบ ชั้บให้แห้ง ก่อนนำไปแช่ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เพื่อให้ผิวของเนื้อหมูมีความคงตัวง่ายต่อการตัดแต่ง จากนั้นทำการตัดแต่งโดยหั่นเนื้อให้มีขนาดกว้าง×ยาว×หนา เท่ากับ 2×2×2 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ดัดแปลงจาก Lovedeep et al., 2014)

3.3.3 การบรรจุเนื้อหมูและน้ำซุปร

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้อหมูที่เตรียมในข้อ 3.3.2 ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ตัวอย่างถุงละประมาณ 100 กรัม ทำการจذبน้ำที่น้ำหนักเนื้อหมูดิบเพื่อใช้ในการคำนวณ Cooking loss (ดัดแปลงจาก Young and Lyon, 1997) จากนั้นนำน้ำซุปรที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.1.1 มาบรรจุในถุงที่มีตัวอย่างถุงละ 200 มิลลิลิตร ใช้ถุง Laminate low density polyethylene (LLDPE) จากนั้นไล่อากาศแล้วปิดผนึกด้วยเครื่องซีลความร้อนให้ปากถุงปิดสนิท (ดัดแปลงจาก Lovedeep et al., 2014) เพื่อทำการศึกษาในขั้นต่อไป

3.3.4 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการตุ๋น

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตุ๋นเนื้อหมู มีการกำหนดช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา คือ 75-85 องศาเซลเซียส (Brush, 1983) และ (Cao and Gu, 2013) ระยะเวลาในการตุ๋น 4-8 ชั่วโมง ออกแบบการทดลองโดยใช้เทคนิคพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology: RSM) วางแผนการทดลองแบบ Central composite design (CCD) 2 ชั้น โดยการทดลองที่ออกแบบได้ทั้งหมด 13 การทดลอง แสดงดัง ตารางที่ 3.2

ในกระบวนการตุ๋นเนื้อหมู จะนำตัวอย่างที่เตรียมได้ในข้อ 3.3.3 ไปตุ๋นในหม้อที่บรรจุน้ำ ปิดฝา วางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ตามสภาวะของอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนด ดังตารางที่ 3.2 เมื่อทำการตุ๋นตัวอย่างตามสภาวะที่กำหนดแล้วลดอุณหภูมิโดยนำถุงตัวอย่างไปแช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่าง ๆ ตามข้อ 3.3.5 ต่อไป

ตารางที่ 3.2 การกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการผลิตหมูตุ๋น

ลำดับ	เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1	4	75
2	4	80
3	4	85
4	6	75
5	6	80
6	6	80
7	6	80
8	6	80
9	6	80
10	6	85
11	8	75
12	8	80
13	8	85

3.3.5 การตรวจสอบคุณภาพ

3.3.5.1 ค่าความขุ่นของน้ำซุป

วัดความขุ่นของน้ำหมูตุ๋นวิเคราะห์ค่า (คัดแปลงจาก Cerreti et al., 2016) ด้วยเครื่อง Lovibond/Therbichek โดยการนำน้ำที่ได้จากกระบวนการผลิตหมูตุ๋นมากรองเอาส่วนผสมที่เป็นชิ้นใหญ่ๆ ออก ด้วยกระชอนสแตนเลสขนาด 12 เมช ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรง 1.4 มิลลิเมตร ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที และนำส่วนของเหลวใส่ในขวดเก็บตัวอย่าง เมื่อจะวัดความขุ่นของน้ำซุป ให้เขย่าตัวอย่างก่อนนำไปทำการวัด ค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Lovibond/Therbichek (วิธีการดังภาคผนวก ข) อ่านค่าที่แสดงผลจากการวัดเป็นหน่วย NTU ทำการวัดแต่ละชุดการทดลอง 3 ซ้ำ จดบันทึก (ทำ 2 ซ้ำการทดลอง) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.5.2 ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมูต่อเนื่องจากการตุ๋น

การวิเคราะห์ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (Cooking loss) ของเนื้อหมูตุ๋น (คัดแปลงจาก Young and Lyon, 1997) กระทำโดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้อหมูดิบก่อนตุ๋น จากนั้นนำตัวอย่างไปให้ความร้อนโดยการตุ๋นตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดดังตารางที่ 3.2 และนำตัวอย่างเนื้อหลังให้ความร้อนมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งนำมาคำนวณผลการทดลองได้ตามสูตร (โดยการทำให้สุก 2 ซ้ำการทดลอง) จดบันทึกแล้วหาค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\% \text{ Cooking loss} = \frac{(W_b - W_a)}{W_b} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

W_b = น้ำหนักตัวอย่างเนื้อก่อนทำให้สุก (weight of raw pork, g)

W_a = น้ำหนักตัวอย่างเนื้อหลังทำให้สุก (weight of cooked pork, g)

3.3.5.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมู

การวัดค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูตุ๋นด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยใช้วิธี Texture profile analysis (TPA) (คัดแปลงจาก Li, 2006) ทำการตั้งค่าของเครื่อง TA-XT Plus ตามใน (ภาคผนวก ข) โดยหั่นเนื้อหมูตุ๋นให้มีขนาดกว้าง×ยาว×หนา เท่ากับ 1.5×1.5×1.5 ลูกบาศก์ เซนติเมตรให้เท่ากันทุกชิ้น เพื่อทำการวัดค่าความแข็ง (hardness) และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) ตามแนวขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ (วิธีการดังภาคผนวก ข) แต่ละชุดการทดลองวัด 4 ซ้ำ จดบันทึก (ทำ 2 ซ้ำการทดลอง) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.5.4 ค่าสีของเนื้อหมู

ทำการวัดค่าสีของเนื้อหมูตุ๋น (ดัดแปลงจาก Manninen et al., 2015) โดยนำเนื้อหมูตุ๋นที่ได้มาซับผิวหน้าให้แห้ง และนำมาวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี CR400 รายงานผลเป็นค่า L^* , a^* , b^* ทำการวัดสีที่พื้นผิวของเนื้อหมูตุ๋น (วิธีการดังภาคผนวก ข) แต่ละชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ทำ 2 ซ้ำการทดลอง และทำการจดบันทึกข้อมูลแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.5.5 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป

โดยการใช้วิธีการพื้นที่ผิวการตอบสนอง (Response surface methodology: RSM) ในการออกแบบการทดลองแบบ Central composite design (CCD) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ของ Response ที่สนใจ โดยการคำนวณทำซ้ำ 5 ครั้ง ที่จุดศูนย์กลาง (central point of design) (0,0) สร้างแบบจำลองผลของตัวแปรอิสระทั้ง 2 สิ่งการทดลอง คือ อุณหภูมิและเวลาของเนื้อหมูตุ๋น ที่มีต่อคุณภาพในด้านต่างๆ ของเนื้อหมูตุ๋น จากนั้นใช้ค่าเฉลี่ยตัวแปรตอบสนองที่วิเคราะห์ได้จากภาวะที่ได้ใช้ในการผลิตหมูตุ๋นด้วยกระบวนการตุ๋นตารางที่ 3.2 มาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติสำเร็จรูป Design-Expert® software version 7 (Anonymous, 2005) เพื่อหาความพอดีของรูปแบบ (fit the model) สำหรับสร้างแผนภาพคอนทัวร์พล็อต แผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง และวิเคราะห์ค่า desirability ของสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อหมูตุ๋น โดยใช้สมการพหุนาม (polynomial model) ตามแบบ Lazic (2004) เป็นตัวอธิบาย โดยวิธีการทางสถิติที่ใช้คือ วิธีการกำลังสองที่น้อยที่สุด (the least square method) เพื่อประมาณค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากฟังก์ชันที่ใช้เรียกว่า fitted response function แสดงดังในสมการ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_{21} + \beta_{22} X_{22} + \beta_{12} X_1 X_2 \dots \dots \dots (2)$$

เมื่อ Y คือค่าการทำนายของตัวแปร (response) ต่าง ๆ ของการทำนาย ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ค่าความขุ่นของน้ำซุปล ค่าร้อยละการสูญเสีย น้ำหนักของเนื้อหมู ค่าความแข็ง และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญของหมูตุ๋น ส่วนค่า X_1 คือ Temperature level และ ค่า X_2 คือ Time level ส่วนค่า β_0 คือ Constant value, β_1 และ β_2 คือ Linear terms, β_{11} , β_{22} คือ quadeatic terms และ β_{12} คือ Interaction term ซึ่งระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 3 ระดับ คือ -1, 0 และ +1 ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของแต่ละปัจจัย		
		Low	Center	High
อุณหภูมิที่ใช้ในการตุ๋น	X_1	75	80	85
ระยะเวลาที่ใช้ในการตุ๋น	X_2	4	6	8

นำตัวอย่างทดลองจำนวน 13 การทดลอง ที่ผ่านการตุ๋นตามสภาวะที่แสดงในตารางที่ 3.2 นำมาตรวจคุณภาพด้านกายภาพ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมูตุ๋นที่ดีที่สุดต่อไป

3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

การเตรียมหมูตุ๋นสำหรับผู้ทดสอบชิม โดยการนำตัวอย่างเนื้อหมูตุ๋นที่ได้จากข้อ 3.3.4 ไปอุ่นทิ้งลงในหม้อน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำมาเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบชิม ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-Point hedonic scale กำหนดสูตรที่ใช้ในการผลิตหมูตุ๋นทั้งหมด 13 ภาวะ (13 ตัวอย่าง) มีการวางแผนการทดสอบชิมแบบ Balance Incomplete Block Design โดยให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ ในด้านสีของเนื้อหมู กลิ่นของผลิตภัณฑ์ รสชาติของผลิตภัณฑ์ ความนุ่มของเนื้อหมู และความชอบและการยอมรับโดยรวมตามแบบประเมินใน (ภาคผนวก ก) (ทำการทำสอบชิมทั้งหมด 2 ซ้ำการทดลอง) โดยผู้ทดสอบชิมครั้งละ 26 คน ต่อ 1 ซ้ำการทดลอง ซึ่งผู้ทดสอบจะได้ชิมตัวอย่างคนละ 3 ตัวอย่างที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3.4 (จรัญ, 2540) และแบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ก เพื่อดูแนวโน้มของการยอมรับของผู้บริโภคจากสูตรต่างๆ

ตารางที่ 3.4 การสุ่มตัวอย่างเนื้อหมูสุ่นให้ผู้ทดสอบชิมวางแผนทดลองแบบ Balance Incomplete

Block Design

ผู้ทดสอบ	การทดลองซ้ำที่ I II			ผู้ทดสอบ	การทดลองซ้ำที่ I II		
ชิมคนที่	ตัวอย่างหมูสุ่นที่ผู้ชิมได้รับ			ชิมคนที่	ตัวอย่างหมูสุ่นที่ผู้ชิมได้รับ		
1	1	3	9	14	2	6	5
2	2	4	10	15	3	7	6
3	3	5	11	16	4	8	7
4	4	6	12	17	5	9	8
5	5	7	13	18	6	10	9
6	6	8	1	19	7	11	10
7	7	9	2	20	8	12	11
8	8	10	3	21	9	13	12
9	9	11	4	22	10	1	13
10	10	12	5	23	11	2	1
11	11	13	6	24	12	3	2
12	12	1	7	25	13	4	3
13	13	2	8	26	1	5	4

หมายเหตุ : แผนการทดสอบชิม

$t =$ จำนวนทรีเมนต์ = 13; $k =$ จำนวนหน่วยต่อบล็อก = 3; $b =$ จำนวนบล็อก = 26;
 $r =$ จำนวนซ้ำ = 6; $\lambda =$ จำนวนครั้งที่แต่ละคู่ทรีเมนต์ปรากฏในบล็อกเดียวกัน = 1

จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำมาวิเคราะห์ด้วย

โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16 โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์เพื่อดูแนวโน้มและความชอบของผู้บริโภคไปประกอบกับการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมุดสำเร็จรูป

3.5 การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของหมุดสำเร็จรูป

ทำการผลิตหมุดสำเร็จรูปโดยใช้สภาวะการคั่วที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.3.4 เพื่อนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมุดสำเร็จรูป โดยบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด Laminate low density polyethylene (LLDPE) น้ำหนักรวม 300 กรัมต่อถุง (เนื้อคั่ว 100 กรัม น้ำซूप 200 กรัม) นำไปให้เซฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารจำนวน 10 ท่าน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ทดสอบจะต้องทดสอบผลิตภัณฑ์ตามแบบประเมินที่ได้อธิบายคำแนะนำและวิธีการแปรรูปเนื้อหมุด (แบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ก) และ (ขั้นตอนการเตรียมในสำหรับการชิมผลิตภัณฑ์หมุดดังภาคผนวก ค) ให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ด้านลักษณะปรากฏของ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่มและการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-Point hedonic scale และอาจมีการปรับปรุงสูตรด้วยวิธีการ Just about right scale (JAR) ในกรณีที่ มีค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยกว่า 7 คะแนน แต่ถ้าค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนน จาก 9 คะแนน จะไม่มีการปรับปรุง

3.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการผลิตเนื้อหมุดสำเร็จรูปโดยใช้อุณหภูมิและเวลาการคั่วที่เหมาะสมจากข้อ 3.4 จากนั้นนำถุงตัวอย่างไปเก็บรักษาโดยแช่ในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นนำตัวอย่างออกมาตรวจสอบเมื่อเก็บรักษาเป็นไว้เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15 วัน เพื่อตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีการหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC, 2000) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในการเก็บรักษา (รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ง)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการคัดเลือกและปรับปรุงสูตรน้ำซุปรู้ที่ใช้ในการตุ๋น

4.1.1 การคัดเลือกสูตรที่ใช้ในการผลิตน้ำซุปรู้

จากการผลิตน้ำซุปรู้ที่จะใช้ในการทำหมุดตุ๋นทั้ง 3 สูตร พบว่าน้ำซุปรู้ที่ได้ทั้ง 3 สูตร มีลักษณะเป็นของเหลว มีสีคล้ำ มีกลิ่นหอม ส่วนความใสของน้ำซุปรู้มีความแตกต่างกันไปตามส่วนผสมที่ใช้ และเมื่อนำน้ำซุปรู้ที่ผลิตจากได้ทั้ง 3 สูตร มาประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9 point hedonic scale โดยเกณฑ์การให้คะแนนความชอบของน้ำซุปรู้จากไม่ชอบมากที่สุด 1 คะแนน ถึง ชอบมากที่สุด 9 คะแนน มีผู้ทดสอบเป็นบุคคลทั่วไป จำนวน 50 คน ผลการทดลองแสดงตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำซุปรู้สูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ค่าสี ^{ns}	6.71±0.10	6.74±0.40	6.45±0.21
กลิ่น ^{ns}	6.82±0.20	6.87±0.49	6.63±0.35
รสชาติ	6.69±0.49 ^a	6.46±0.65 ^a	4.43±0.13 ^b
ความใสของน้ำซุปรู้	6.96±0.57 ^a	6.82±0.59 ^a	5.50±0.17 ^b
ความชอบรวม	7.12±0.40 ^a	6.92±0.54 ^a	5.35±0.21 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

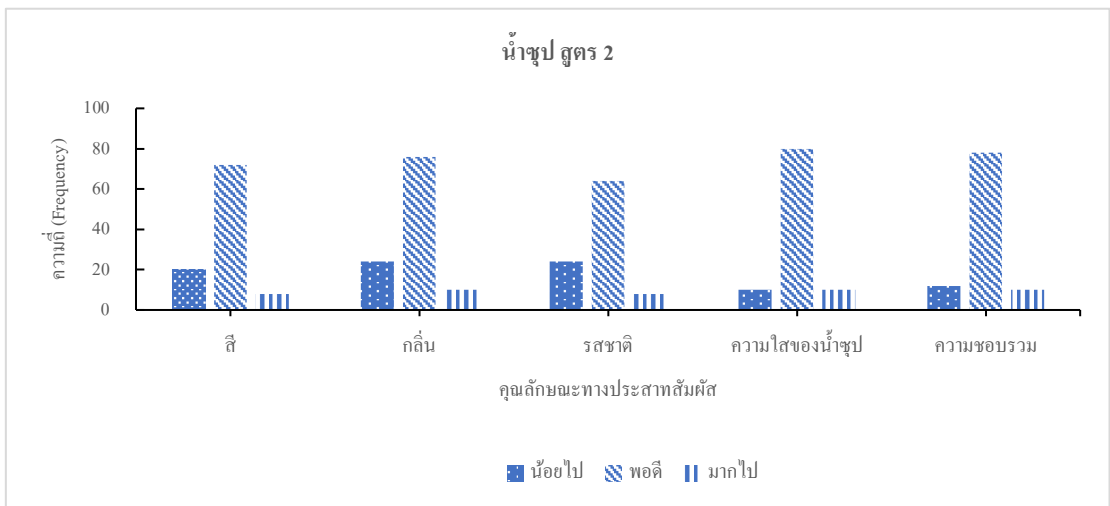
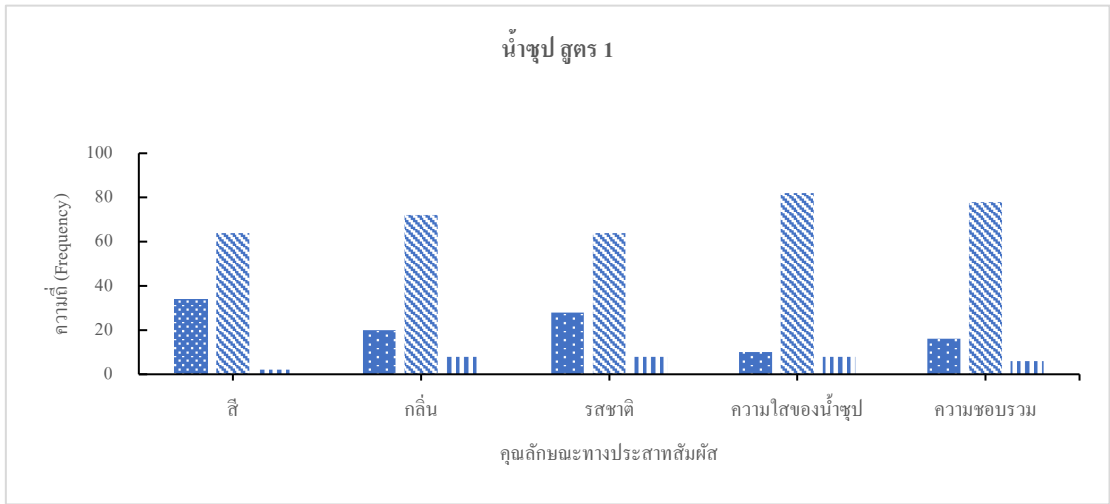
จากตารางที่ 4.1 พบว่าน้ำซุปรู้ทั้ง 3 สูตร มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของสีและกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเนื่องมาจากในแต่ละสูตรมีส่วนผสมของซีอิ๊วดำ จึงทำให้น้ำซุปรู้มีสีคล้ำ เข้ม ที่ไม่แตกต่างกัน ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านสีและกลิ่นของน้ำซุปรู้ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านรสชาติ ความใสของน้ำซุปรู้ และความชอบโดยรวม ของสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 มีค่ามากกว่าสูตรที่ 3 แตกต่างอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านรสชาตินั้น พบว่าน้ำซุปลในสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีน้ำตาลกรวดเป็นองค์ประกอบ แต่ในสูตรที่ 3 นั้น ไม่มีส่วนผสมของน้ำตาล จึงอาจสรุปได้ว่า ผู้ทดสอบชอบน้ำซุปลที่มีรสหวานมากกว่าน้ำซุปลที่มีเพียงรสเค็มอย่างเดียว นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนประกอบที่ใช้ในการเตรียมน้ำซุปล พบว่า สูตรที่ 3 มีส่วนผสมของผงพะโล้และน้ำมันรำข้าว แต่ไม่มีในน้ำซุปลสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งอาจมีผลต่อความใสและความเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำซุปล ไม่มีไขมันกระจายอยู่ในน้ำซุปล จึงอาจสรุปได้ว่าผู้ทดสอบชอบน้ำซุปลที่ใส ไม่มีการแขวนลอย หรือการแยกชั้นของไขมันในน้ำซุปล

จากข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำซุปลจากทั้ง 3 สูตร กล่าวได้ว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในสูตรที่ 1 และ 2 มากกว่าสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบน้ำซุปลในทุกคุณลักษณะที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.2 การปรับปรุงสูตรน้ำซุปล

จากผลการทดลองในข้อที่ 4.1.1 เมื่อพิจารณาด้วยคะแนนเฉลี่ยของสูตรน้ำซุปลจากสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มาปรับปรุงสูตรด้วยวิธีการ Just about right scale (JAR) สำหรับหาความพอดีในด้านสี กลิ่น และรสชาติ ความใสของน้ำซุปล และความชอบโดยรวมของน้ำซุปล ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.2 และตารางที่ 4.2 เห็นได้ว่าน้ำซุปลสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากน้ำซุปลทั้ง 2 สูตรมีกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกัน แตกต่างกันที่สูตรที่ 2 มีการนำกระดูกสันหลังหมูไปลวกก่อน เพื่อกำจัดคราบเลือดและสิ่งสกปรกออกก่อนนำไปเคี่ยวในน้ำซุปล ส่วนสูตรที่ 1 ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเท่านั้นไม่ได้มีการลวกก่อนนำไปเคี่ยว โดยภาพรวมผู้บริโภคนำให้คะแนนความชอบด้านต่างๆ ไม่แตกต่างกัน แต่คะแนนเหล่านี้ มีค่าต่ำกว่า 7 คะแนน จึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขสูตรโดยนำวิธีการของ Just about right scale (JAR) มาพิจารณาผลระดับความพอดี ผลที่ได้แสดงดังในภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยหลักอย่างแท้จริง และนำไปปรับปรุงในการทดลองขั้นต่อไป



ภาพที่ 4.1 ร้อยละความพอดีของน้ำชูปสูตรที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.2 Binomial test ความไม่พอดีของน้ำซุปลสูตรมาตรฐานที่ได้รับการคัดเลือกเบื้องต้น
สูตร 1 และ 2 หน่วยเป็นจำนวนคน (ร้อยละ)

น้ำซุปล สูตรที่ 1						
ปัจจัยคุณภาพ	น้อยไป	มากไป	ผลรวม N	ค่าที่มาก	ค่าวิกฤติ	ทิศทางการ ปรับปรุง
สี	17	1	18	17*	14	ปรับเพิ่มขึ้น
กลิ่น	10	4	14	10 ^{ns}	12	ไม่ต้องปรับปรุง
รสชาติ	14	4	18	14 ^{ns}	14	ไม่ต้องปรับปรุง
ความใสของน้ำซุปล	5	4	9	5 ^{ns}	9	ไม่ต้องปรับปรุง
ความชอบรวม	8	3	11	8 ^{ns}	10	ไม่ต้องปรับปรุง

น้ำซุปล สูตรที่ 2						
ปัจจัยคุณภาพ	น้อยไป	มากไป	ผลรวม N	ค่าที่มาก	ค่าวิกฤติ	ทิศทางการ ปรับปรุง
สี	10	4	14	10 ^{ns}	18	ไม่ต้องปรับปรุง
กลิ่น	12	5	17	12 ^{ns}	13	ไม่ต้องปรับปรุง
รสชาติ	12	6	18	12 ^{ns}	14	ไม่ต้องปรับปรุง
ความใสของน้ำซุปล	5	5	10	5 ^{ns}	9	ไม่ต้องปรับปรุง
ความชอบรวม	6	5	11	6 ^{ns}	10	ไม่ต้องปรับปรุง

จากภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาปัจจัยคุณภาพที่มีความพอดี มากกว่าหรือเท่ากับ ร้อยละ 70 (มีความพอดี เหมาะสม โดยไม่ต้องปรับปรุง) จะเห็นได้ว่าน้ำซุปลสูตรที่ 2 มีจำนวนปัจจัยคุณภาพที่เหมาะสมมากกว่าน้ำซุปลสูตรที่ 1 เนื่องจากน้ำซุปลสูตรที่ 1 จะมีปัจจัยคุณภาพด้านสีที่ต้องปรับปรุง ประกอบกับค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำซุปลทั้ง 2 สูตร ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.71 - 6.96 คะแนน ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ 2 ที่มีความพอดีในทุกปัจจัย (ดังแสดงในภาคผนวก จ) มาปรับปรุงสูตร โดยได้ขอคำแนะนำจากเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารในการปรับปรุงสูตรน้ำซุปล และเพื่อให้ได้รับการ

ยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส มากกว่า 7 คะแนน ในทุกๆ คุณลักษณะ ตามข้อเสนอแนะของผู้ทดสอบชิมที่แนะนำให้ปรับปรุงด้านสีให้มีความเข้มข้น ประกอบกับน้ำซุปรามีกลิ่นหมุก่อนข้างอ่อน ทำให้น้ำซุปรามีรสชาติไม่กลมกล่อม และน้ำซุปรไม่อร่อย โดยได้ไปปรึกษาเชฟและผู้เชี่ยวชาญ เชฟให้คำแนะนำคือ การเกี่ยวซุปรไม่ควรใช้ไฟแรงจนน้ำเดือดเพราะจะทำให้ น้ำซุปรขุ่น ควรค่อยๆ เกี่ยวด้วยไฟอ่อนไปจนได้ที่ และการห่อเครื่องเทศด้วยผ้าขาวบางจะช่วยลดตะกอนของเครื่องเทศที่เปื้อย และเป็นเศษผงในน้ำซุปรทำให้น้ำซุปรดูไม่น่ารับประทาน และการเติมผงปรุงรสหมูเล็กน้อยจะช่วยดึงรสชาติของน้ำซุปรให้กลมกล่อมขึ้นได้

จึงได้นำคำแนะนำที่ได้จากเชฟและผู้เชี่ยวชาญมาทำการปรับปรุงสูตรน้ำซุปร โดยเพิ่มส่วนผสมของผงปรุงอาหารรสหมูและผงชูรส เพื่อให้ น้ำซุปรมีกลิ่นและรสชาติเข้มข้น กลมกล่อมมากขึ้น จากนั้นปรับปรุงความใสของน้ำซุปร โดยนำเครื่องเทศทั้งหมดมาห่อด้วยผ้าขาว (นิดดาและคณะ, 2550) และเพิ่มเวลาในการเกี่ยวน้ำซุปรให้นานขึ้น จาก 3 ชั่วโมงเป็น 5 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มความเข้มของน้ำซุปร แสดงผลการปรับปรุงสูตรดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราส่วนของน้ำซุปรสูตร 2 ก่อนและหลังการปรับปรุง

วัตถุดิบ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
	(ร้อยละ)	(ร้อยละ)
น้ำ	70.03	69.68
กระดูกสันหลังหมู	19.45	19.35
หัวไชเท้า	6.48	6.45
น้ำตาลกรวด	1.12	1.11
กระเทียม	0.73	0.72
ซีอิ๊วขาว	0.73	0.73
รากผักชี	0.58	0.58
เกลือแกง	0.49	0.49
พริกไทย	0.39	0.39
ผงปรุงอาหารรสหมู	-	0.30
ผงชูรส	-	0.20

จากตารางที่ 4.3 การปรับปรุงสูตรน้ำซุปรู้ทำโดยเติมผงปรุงอาหารรสหมูและผงชูรส เพื่อให้ น้ำซุปรู้มีรสชาติเข้มข้นขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของบังอรและคณะ (2551) ที่กล่าวว่าน้ำซุปรู้หมูผงมีปริมาณกรดกลูตามิก 553.75 กรัมต่อ 100 กรัม มากกว่าน้ำซุปรู้กระดูหมูซึ่งมีกรดกลูตามิกเพียง 102 กรัมต่อ 100 กรัม ดังนั้น เมื่อเติมผงปรุงอาหารรสหมูและผงชูรสเพิ่มขึ้นในน้ำซุปรู้จึงทำให้น้ำซุปรู้มีรสชาติเข้มข้นและกลมกล่อมมากขึ้น ส่งผลให้ได้รับค่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่สูงขึ้นแสดงดังตาราง ที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าคะแนนเฉลี่ยของน้ำซุปรู้สูตร 2 ก่อนและหลังการปรับปรุง

คุณลักษณะ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ค่าสี	6.74±0.40 ^b	7.46±0.14 ^a
กลิ่น	6.87±0.49 ^b	7.31±0.01 ^a
รสชาติ	6.46±0.65 ^b	7.35±0.07 ^a
ความใสของน้ำซุปรู้	6.82±0.59 ^b	7.67±0.01 ^a
ความชอบรวม	6.92±0.54 ^b	7.50±0.06 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า หลังจากทำการปรับปรุงน้ำซุปรู้สูตรที่ 2 ส่งผลให้ความชอบของน้ำซุปรู้มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกคุณลักษณะ โดยมีค่าคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และน้ำซุปรู้หลังการปรับปรุงสูตรมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.31-7.67 คะแนน หมายถึง ผู้ทดสอบมีความชอบปานกลางเกือบถึงชอบมาก เนื่องจากคะแนนได้รับอยู่ในช่วงที่สูงกว่า 7 คะแนน

4.2 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำหมูตุ๋น

การศึกษาเพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการทำหมูตุ๋น โดยการใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) ในการออกแบบการทดลองโดยใช้การทดลองแบบ Central Composite Design ทำการทดลอง 2 ชั้น เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของปัจจัย (factors) 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ คือ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการตุ๋น 75, 80, และ 85 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาในการ

ต้น คือ 4, 6, และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยทั้งสองมีผลต่อค่าตัวแปรการตอบสนอง (response variables) คือ มีผลต่อค่าสี ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ค่าความชุ่มน้ำซูป ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมู (cooking loss) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) แสดงในตารางที่ 4.5

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ของค่าเฉลี่ยตัวแปรตอบสนองที่ได้จากการทดลอง แสดงดังในตารางที่ 4.6 และ 4.8 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแบบจำลองเพื่อหารูปแบบของสมการที่เหมาะสมของ อุณหภูมิ และระยะเวลาที่มีผลต่อการตุ๋น โดยส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อตุ๋นที่เป็นแบบ รูปแบบกำลังสอง (quadratic Model) และตารางที่ 4.7 เป็นรูปแบบเชิงเส้น (linear Model) ที่ได้รับการยอมรับในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่าเฉลี่ยตัวแปรตอบสนองที่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากค่า F-value ของรูปแบบสมการ (Model fit) มีความเหมาะสมโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีความไม่สมรูปของข้อมูล (Lack-of-fit) โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่สูง โดยมีค่า ($R^2 \leq 0.60$) หมายความว่า สมการที่ได้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูต้นสำเร็จรูป

สภาวะ ที่	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ค่าสี			ค่าความขุ่น น้ำซूप (ntu)	Cooking Loss (%)	Hardness (N)	Chewiness (N)
			L*	a*	b*				
1	75	4	58.85±0.10 ^a	12.50±0.01 ^e	17.07±0.08 ^{ab}	1958.50±2.59 ^a	38.93±0.46 ^a	142.22±0.48 ^h	34.86±0.92 ^j
2	75	6	60.30±0.22 ^{cd}	11.21±0.25 ^d	17.35±0.08 ^{bcd}	2080.67±0.67 ^b	39.62±0.25 ^a	137.69±0.71 ^g	32.66±0.25 ⁱ
3	75	8	61.51±0.08 ^{ef}	10.52±0.14 ^c	18.24±0.04 ^e	2200.50±6.36 ^d	40.93±0.67 ^b	122.25±26.65 ^e	26.65±3.13 ^g
4	80	4	59.77±0.17 ^{bc}	11.57±0.31 ^d	16.91±0.28 ^a	2116.67±2.35 ^c	41.48±0.01 ^b	131.02±1.48 ^f	29.74±0.01 ^h
5	80	6	61.54±0.40 ^{ef}	10.53±0.12 ^c	17.43±0.14 ^{bcd}	2344.00±0.47 ^e	42.43±0.16 ^c	110.01±0.46 ^{bc}	20.51±0.41 ^{de}
6	80	6	62.27±0.11 ^g	9.97±0.07 ^{bc}	17.59±0.23 ^{cd}	2339.67±3.30 ^e	42.59±0.42 ^c	113.70±5.62 ^{cd}	19.38±0.07 ^{cd}
7	80	6	62.69±0.22 ^g	9.79±0.41 ^b	17.69±0.14 ^d	2348.34±0.94 ^e	42.46±0.40 ^c	117.14±0.48 ^{de}	22.59±0.42 ^{ef}
8	80	6	62.14±0.88 ^{fg}	10.39±0.17 ^{bc}	17.46±0.30 ^{bcd}	2349.84±5.89 ^e	42.65±0.16 ^c	110.40±4.02 ^{bc}	17.46±0.72 ^{bc}
9	80	6	62.78±0.02 ^g	10.05±0.14 ^{bc}	17.63±0.14 ^{cd}	2361.84±13.91 ^f	42.48±0.17 ^c	118.69±0.31 ^{de}	19.43±0.24 ^{cd}
10	80	8	63.58±0.26 ^h	8.62±0.05 ^a	18.49±0.07 ^e	2626.00±2.83 ^h	43.21±0.20 ^{cd}	95.85±1.77 ^a	16.62±0.13 ^b
11	85	4	59.32±0.20 ^{ab}	12.45±0.04 ^e	17.20±0.15 ^{abc}	2549.50±3.54 ^g	43.73±0.03 ^d	133.55±0.69 ^{fg}	24.61±0.46 ^{fg}
12	85	6	60.95±0.11 ^{de}	10.57±0.11 ^c	17.72±0.32 ^d	2914.17±0.71 ⁱ	45.05±0.53 ^e	106.70±2.65 ^b	15.60±0.35 ^b
13	85	8	63.87±0.16 ^h	9.06±0.76 ^a	18.52±0.05 ^e	2942.84±0.23 ^j	45.75±0.01 ^e	91.66±0.24 ^a	10.87±0.21 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกัน ในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมู
ตุ๋น สำหรับ Response Surface Quadratic Model

Source	F-Value			
	Df	b*	Turbidity	Cooking loss
Model	2	65.60**	81.25**	734.89**
A-temp	1	4.65 ^{ns}	127.04**	1282.56**
B-time	1	126.55**	35.45**	187.22**
Lack of fit	6	2.27 ^{ns}	147.20**	4.93 ^{ns}
R ²	-	0.92	0.94	0.99

หมายเหตุ * Significant at $p \leq 0.05$ ** Significant at $p \leq 0.01$

^{ns} not significant

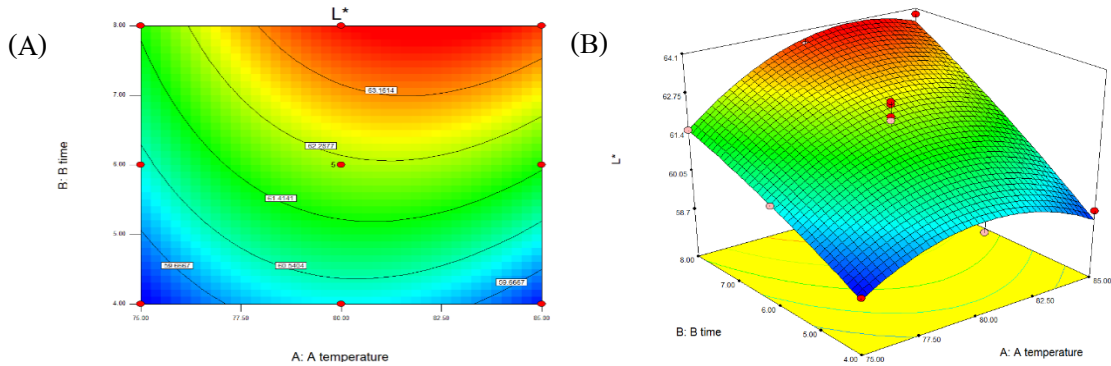
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมู
ตุ๋น สำหรับ Response Surface Linear Model

Source	F-Value				
	Df	L*	a*	Hardness	Chewiness
Model	5	23.46*	47.25*	34.87**	28.34*
A-temp	1	8.22*	11.69*	52.22*	77.23**
B-time	1	82.46**	175.13**	99.63**	51.16*
AB	1	3.64 ^{ns}	7.54*	7.63*	1.91 ^{ns}
A ²	1	17.25*	32.89*	12.92*	5.09 ^{ns}
B ²	1	0.40 ^{ns}	0.34 ^{ns}	5.51*	2.15 ^{ns}
Lack of fit	3	0.99 ^{ns}	0.31 ^{ns}	1.08 ^{ns}	1.33 ^{ns}
R ²	-	0.94	0.97	0.96	0.95

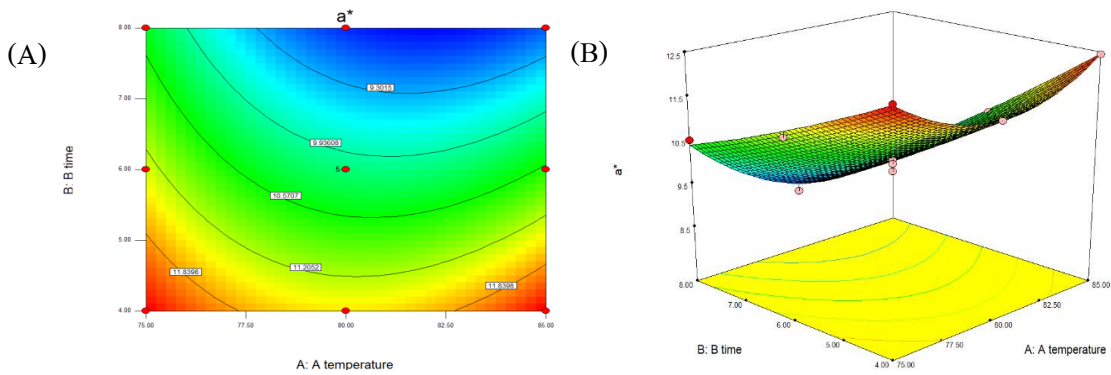
หมายเหตุ * Significant at $p \leq 0.05$ ** Significant at $p \leq 0.01$

^{ns} not significant

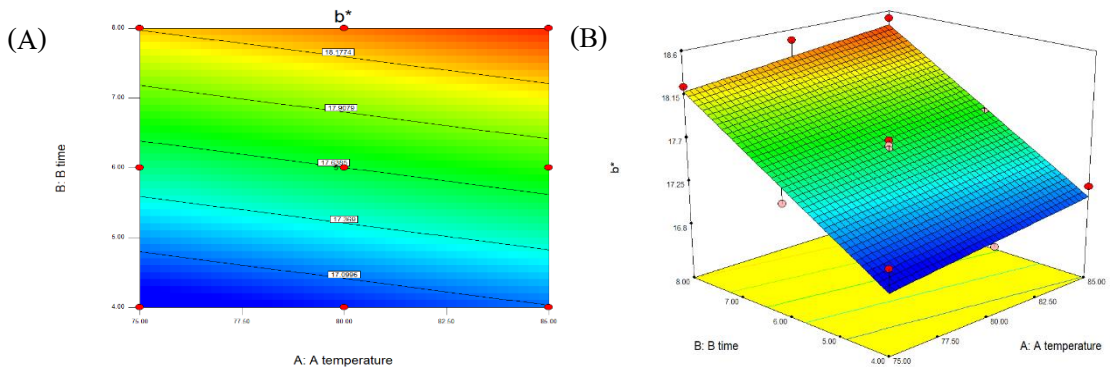
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 เมื่อนำผลของค่าตอบสนองของปัจจัยมาเขียนแผนภาพคอนทัวร์พรีดิกต์ และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนองได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.2 – 4.8



ภาพที่ 4.2 แผนภาพคอนทัวร์พรีดิกต์ (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในต้นที่มีผลต่อค่าความสว่างของเนื้อหมูตุ๋น

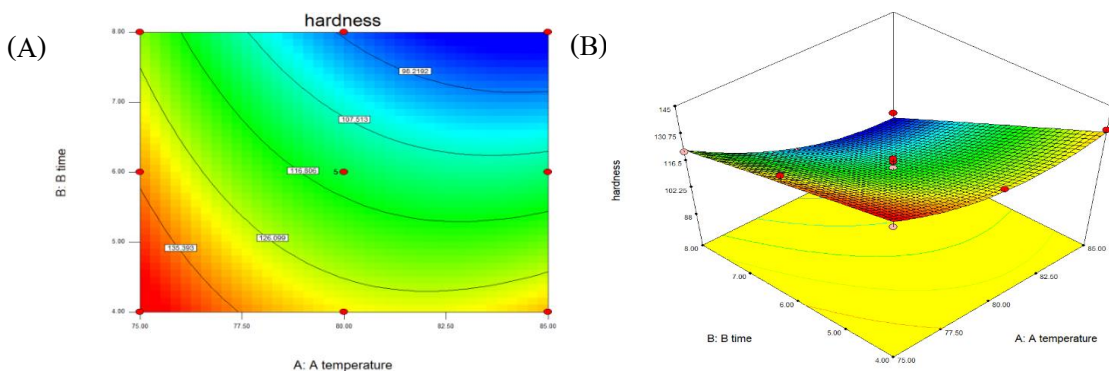


ภาพที่ 4.3 แผนภาพคอนทัวร์พรีดิกต์ (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในต้นที่มีผลต่อค่าสีแดงของเนื้อหมูตุ๋น

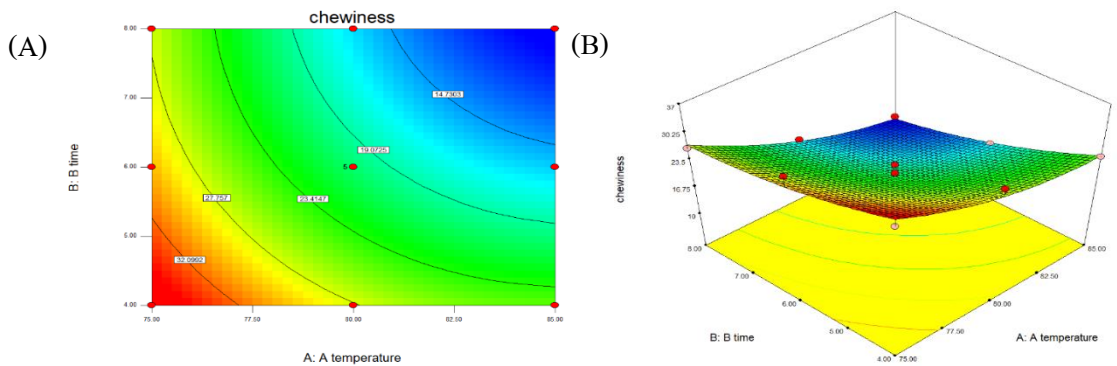


ภาพที่ 4.4 แผนภาพคอนทัวร์พรีดิกต์ (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในต้นที่มีผลต่อค่าสีเหลืองของเนื้อหมูตุ๋น

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.2 - 4.4 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการตุ๋นเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a^*) มีค่าลดลง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อหมูตุ๋นเนื่องจากการใช้ระยะเวลาในการตุ๋นนาน ทำให้โปรตีนที่อยู่ในเนื้อเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนไมโอไฟบริลลาและซาร์โคพลาสติกโปรตีน รงควัตถุโปรตีนไมโอโกลบินละลายออกจากเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นและมีค่าสีแดงลดลง (Christensen, 2011) เช่น ที่อุณหภูมิในการตุ๋นที่ 75 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมง เป็น 8 ชั่วโมง ค่าสี L^* เพิ่มขึ้นจาก 58.85 เป็น 61.51 และ b^* เพิ่มขึ้นจาก 17.05 เป็น 18.24 ขณะที่ค่า a^* ลดลงจาก 12.50 เป็น 10.52 และที่เวลาในการตุ๋น 8 ชั่วโมง เมื่อใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 75 องศาเซลเซียส เป็น 85 องศาเซลเซียส ค่า L^* เพิ่มขึ้นจาก 61.51 เป็น 63.87 และค่า b^* เพิ่มขึ้นจาก 18.24 เป็น 18.52 ขณะที่ค่า a^* ลดลงจาก 10.52 เป็น 9.06

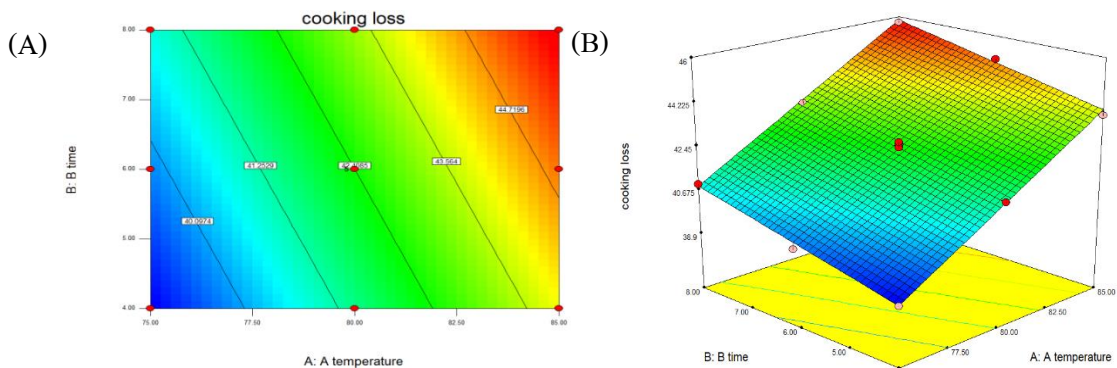


ภาพที่ 4.5 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการตุ๋นที่มีผลต่อค่าความแข็งของเนื้อหมูตุ๋น



ภาพที่ 4.6 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการตุ๋นที่มีผลต่อค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของเนื้อหมูตุ๋น

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5-4.6 พบว่า การใช้อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน มีผลทำให้ หมูตุ๋นมีค่าความแข็ง และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อ อุณหภูมิคงที่การใช้เวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้หมูตุ๋นมีค่าความแข็ง และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวลดลง ขณะเดียวกันเมื่อเวลาคงที่ การใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ ค่าความแข็ง และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากซาร์โคพลาสติก โปรตีน เช่น เนื้อเยื่อเกี่ยวพันคอลลาเจน เปลี่ยนเป็นเจลาตินที่อุณหภูมิมากกว่า 60 องศาเซลเซียส ส่งผลให้การจับตัวกันของเซลล์เส้นใย กล้ามเนื้ออ่อนตัวลง (Baldwin, 2012) เนื้อจึงนุ่มขึ้น เช่น อุณหภูมิการตุ๋น 85 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา เพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมง เป็น 8 ชั่วโมง ค่าความแข็ง ลดลงจาก 133.55 นิวตัน เป็น 91.66 นิวตัน และ ค่าแรงในการเคี้ยวลดลงจาก 24.61 นิวตัน เป็น 10.87 นิวตัน ส่วนที่เวลาการตุ๋น 8 ชั่วโมง เมื่อ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 75 องศาเซลเซียส เป็น 85 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งลดลงจาก 122.25 นิวตัน เป็น 91.66 นิวตัน และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวลดลงจาก 26.65 นิวตัน เป็น 10.87 นิวตัน

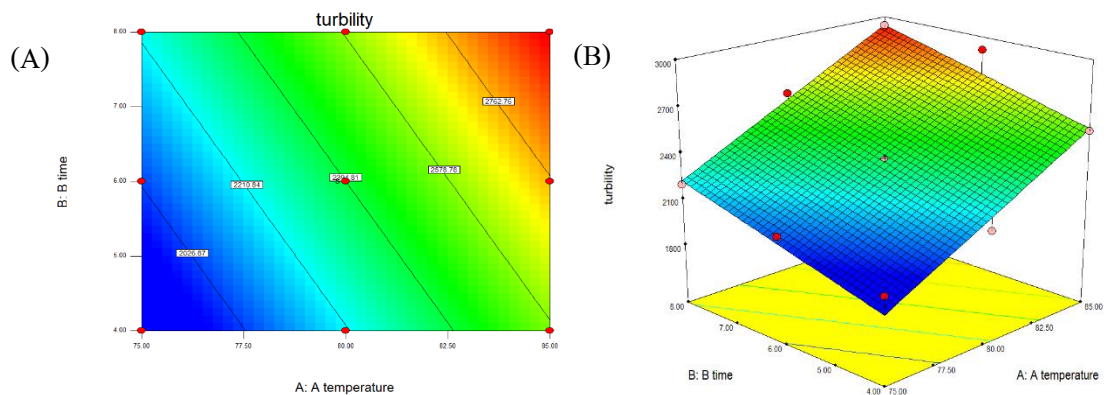


ภาพที่ 4.7 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของ อุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของหมูตุ๋น

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.7 พบว่า การใช้อุณหภูมิและเวลาต่างกันมีผลทำให้หมูตุ๋นมีร้อยละ การสูญเสียน้ำหนัก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิคงที่การใช้เวลาเพิ่มขึ้น มี ผลทำให้ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของหมูตุ๋นเพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาคงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของหมูตุ๋นเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกัน การสูญเสียน้ำหนักในขั้นตอนการปรุงร งเกิดจากความร้อนทำให้โปรตีนที่อยู่ในเนื้อสัตว์เกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติและการหดตัวของ โปรตีนทำให้โครงสร้างโปรตีนของเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อ และความสามารถในการจับน้ำของ

โครงสร้างโปรตีนลดลง เมื่อได้รับความร้อนเป็นระยะเวลาาน โมเลกุลน้ำที่อยู่ในเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อจึงถูกขับออกมาภายนอกโครงสร้างกล้ามเนื้อ (Pearce et al., 2011)

ยกตัวอย่าง เช่น อุณหภูมิการตุ๋นที่ 75 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมง เป็น 8 ชั่วโมง ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของหมูตุ๋นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 38.93 เป็น ร้อยละ 40.93 ส่วนที่เวลาการตุ๋น 8 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 75 องศาเซลเซียส เป็น 85 องศาเซลเซียส ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของหมูตุ๋นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 40.93 เป็น ร้อยละ 45.75



ภาพที่ 4.8 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าความขุ่นของน้ำซุปรหมูตุ๋น

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.8 พบว่าการใช้อุณหภูมิและเวลาต่างกันมีผลให้ความขุ่นของน้ำซุปรหมูตุ๋นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิคงที่การใช้เวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความขุ่นของน้ำซุปรหมูตุ๋นเพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาคงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลให้ความขุ่นของน้ำซุปรหมูตุ๋นเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ความขุ่นของน้ำซุปรเกิดขึ้นจากการให้ความร้อนขณะตุ๋นหมูทำให้โปรตีนซาร์โคพลาสมิกต่างๆ ในเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อละลายออกมาจากโครงสร้างกล้ามเนื้อ และสูญเสียสภาพธรรมชาติจับตัวกันเป็นก้อนตกตะกอนออกมา ส่งผลให้น้ำซุปรหมูตุ๋นมีความขุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการตุ๋นมากขึ้น (Li et al., 2016)

4.3 การทำนายภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมูตุน

เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าตัวแปรการตอบสนองของปัจจัย (อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการตุ๋นที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูตุนสำเร็จรูป) แสดงดังตารางที่ 4.6-4.7 พบว่าค่าการตอบสนองของสมการ (model) ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (cooking loss) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) สามารถนำมาทำนายผลได้ เนื่องจากในแต่ละค่าตอบสนองมีค่า lack of fit ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายค่า (Coefficient, R²) ของค่าการตอบสนองมีค่ามากกว่า 0.6 โดยอยู่ในช่วง 0.92-0.97 แสดงถึงความเป็นไปได้ที่จะนำข้อมูลในส่วนนี้มาหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อหมูตุน โดยในการทดลองนี้สมการจะแสดงในรูปแบบของกำลังสอง (quadratic model) และสมการเชิงเส้น (linear) เพื่อทำนายถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการตุ๋นที่มีผลต่อคุณภาพหมูตุน โดยแสดงในรายละเอียดของสมการในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สมการที่ทำนายได้จากการใช้วิธีพื้นผิวตอบสนองของแต่ละปัจจัย

Dependent Values	Equation (quadratic and linear models)	R ²
L*	$-248.63931 + 7.75747(X_1) - 2.29684(X_2) + 0.047250(X_1 X_2) - 0.049531(X_1)^2 - 0.047069(X_2)^2$	0.94
a*	$+230.63161 - 5.52858(X_1) + 1.85460(X_2) - 0.035250(X_1 X_2) + 0.035428(X_1)^2 + 0.022672(X_2)^2$	0.97
b*	$+13.52346 + 0.026000(X_1) + 0.33917(X_2)$	0.92
Cooking loss	$-0.59987 + 0.5167(X_1) + 0.47917(X_2)$	0.99
Hardness	$+2282.23437 - 5398222(X_1) + 36.28641(X_2) - 0.54800(X_1 X_2) + 0.34330(X_1)^2 - 0.044353(X_2)^2$	0.96
Chewiness	$+797.77736 - 17.99387(X_1) + 2.83733(X_2) - 0.13825(X_1 X_2) + 0.10867(X_1)^2 + 0.44168(X_2)^2$	0.95

หมายเหตุ : X₁ คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

X₂ คือ ระยะเวลา (ชั่วโมง)

จากตารางที่ 4.8 การใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนองในการออกแบบการทดลองการทำหมุด โดย การพิจารณาจากค่า Desirability ที่เป็นฟังก์ชันในการกำหนดค่าคุณลักษณะของตัวแปรที่ต้องการได้ ว่าค่าควรอยู่ในช่วงใด เช่น ค่าสูง ค่าต่ำ หรืออยู่ในช่วงที่กำหนดตามความเหมาะสมของปัจจัย เมื่อ กำหนดช่วงของค่าตอบสนองที่มีผลมาจาก อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการทำหมุด สามารถ ทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการตุ๋นได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมุด

Response Variable	Optimization of stew condition					
	Goal	Lower	Upper	Weight	Predicted response	Desirability
L*	Is in range	58.85	63.87	1	61.74	1.00
a*	Is in range	8.62	12.50	1	10.42	1.00
b*	Is in range	16.91	18.58	1	17.48	0.99
Cooking loss	Is in range	38.93	45.75	1	42.19	1.00
Hard ness	Is in range	91.66	142.22	1	117.51	1.00
Chewiness	Is in range	10.87	34.86	1	21.71	1.00

Solution : Temperature 80 °C Time 5.55 hrs.

Composite desirability = 1.00

จากตารางที่ 4.9 แสดงผลการทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการทำหมุด โดยกำหนดค่าความ สว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ให้มีค่าอยู่ในช่วง 58.85-63.87, 8.62-12.50 และ 16.91-18.58 ตามลำดับ เนื่องจากเนื้อที่มีค่าความสว่างสูงจะมีความสัมพันธ์กับสีขาว แต่เนื้อสัตว์ยังมี ค่าความสว่างสูงจะทำให้เนื้อมีสีซีดดูไม่น่ารับประทาน สอดคล้องกับค่าสีแดง เมื่อให้ความร้อน เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเป็นสีแดงในเนื้อสัตว์ลดลง เนื่องจากรงควัตถุไมโอโกลบินที่มีอยู่ใน เนื้อสัตว์ เกิดการเสียสภาพธรรมชาติและเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ใน ส่วนของค่าสีเหลืองจะแปรผันตามค่าความสว่างยิ่งเนื้อที่มีค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้น ค่าสีเหลืองจะ เพิ่มขึ้นตามค่าความสว่าง (Christensen et.al., 2011) นอกจากนี้ยังกำหนดค่า Cooking loss ให้มีค่า อยู่ในช่วง 38.93-45.75 เนื่องจากการสูญเสียน้ำหนักในขั้นตอนการให้ความร้อนทำให้โปรตีน

สูญเสียสภาพธรรมชาติ น้ำจากโครงสร้างของโปรตีน และความสามารถในการจับน้ำของโครงสร้างโปรตีนลดลง (Pearce et.al., 2011) นอกจากนี้ยังกำหนดให้ค่า Hardness และ Chewiness ให้มีค่าอยู่ในช่วง 91.66-142.22 นิวตัน และ 10.87-34.86 นิวตัน ตามลำดับ เนื่องจากคุณลักษณะที่ดีของเนื้อหมูต้นควรมีความนุ่มและเคี้ยวง่าย Li และคณะ 2016 กล่าวว่า การใช้อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาเวลานานจะทำให้เนื้อสัตว์มีค่า Hardness และ Chewiness ลดลง ทำให้เนื้อมีความแข็งลดลงและเคี้ยวง่ายขึ้นซึ่งจะเป็นคุณสมบัติที่ดีของเนื้อหมูต้น ดังนั้น จากการกำหนดช่วงของค่าการตอบสนองสามารถทำนายจุดหรือช่วงที่เหมาะสมในการทำหมูต้น โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติสำเร็จรูป Design-Expert@software version 7 (Anonymous , 2005) พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการทำหมูต้น โดยที่มีปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ ดังกล่าวมาข้างต้น พบว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง 33 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสมในการทำหมูต้น โดยมีค่าความสว่าง (L*) 61.74 ค่าความเป็นสีแดง (a*) 10.42 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 17.48 ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 42.19 ค่าความแข็ง 117.51 นิวตัน ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว 21.71 นิวตัน ส่งผลให้มีค่าปัจจัยของความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 1.00 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ดีที่สุด มีความพึงพอใจและคุณภาพที่ดีที่สุดเกินกว่าจะปรับปรุงไปมากกว่าจุดนี้ จึงได้ทำการผลิตเนื้อหมูต้นสำเร็จรูปตามภาวะดังกล่าว พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี ค่าความสว่าง (L*) 61.49±0.58 ค่าความเป็นสีแดง (a*) 10.01±0.48 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 16.93±0.81 ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 42.49±0.44 ค่าความแข็ง 117.29±0.96 นิวตัน ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว 22.52±0.28 นิวตัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าที่ทำนายได้ ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลของที่ได้จากการทำนาย เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง

คุณลักษณะ	ค่าที่ได้จากการทำนาย	ค่าที่ได้จากการทดลอง
ค่าความสว่าง ^{ns}	61.74	61.49±0.58
ค่าความเป็นสีแดง ^{ns}	10.42	10.01±0.48
ค่าความเป็นสีเหลือง ^{ns}	17.48	16.93±0.81
ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ^{ns}	42.19	42.49±0.44
ค่าความแข็ง (N) ^{ns}	117.51	117.29±0.96
ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (N) ^{ns}	21.71	22.52±0.28

^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อหมุดุ่น

จากการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำหมุดุ่น ในหัวข้อ 4.2 ได้ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหมุดุ่นที่ได้โดยใช้แบบทดสอบ Balance incomplete block design ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9 – Point hedonic scale ให้คะแนนความชอบของลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และการยอมรับโดยรวม แสดงผลดังตาราง 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์หมุดุ่นทั้ง 13 สูตร

สภาวะ	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	คุณลักษณะ				การยอมรับ โดยรวม
			สี	กลิ่น	รสชาติ	ความนุ่ม	
1	75	4	6.00±1.21 ^c	5.92±1.51 ^b	6.08±1.68 ^{ab}	5.83±1.95 ^{abc}	6.67±1.44 ^{ab}
2	75	6	6.50±1.09 ^{abc}	6.42±1.24 ^{ab}	6.58±1.38 ^{ab}	6.00±1.60 ^{ab}	6.67±0.98 ^{ab}
3	75	8	6.25±1.60 ^{abc}	6.58±1.73 ^{ab}	6.50±1.83 ^{ab}	6.83±1.64 ^{ab}	6.42±1.51 ^{ab}
4	80	4	7.33±1.30 ^a	7.50±1.31 ^a	7.00±1.54 ^a	6.83±1.27 ^{ab}	7.17±1.11 ^a
5	80	6	7.00±1.04 ^{abc}	6.58±1.73 ^{ab}	6.50±1.78 ^{ab}	7.17±2.04 ^a	7.00±1.28 ^{ab}
6	80	6	6.58±2.02 ^{abc}	5.67±1.67 ^b	6.50±2.07 ^{ab}	6.08±1.73 ^{ab}	6.58±1.31 ^{ab}
7	80	6	6.08±1.24 ^{bc}	6.00±0.74 ^b	6.42±1.08 ^{ab}	6.67±1.30 ^{ab}	6.75±1.14 ^{ab}
8	80	6	6.50±1.57 ^{abc}	5.75±1.14 ^b	5.25±1.91 ^b	5.42±1.68 ^{bc}	6.08±1.78 ^{ab}
9	80	6	7.42±1.00 ^a	7.00±1.41 ^{ab}	6.25±1.71 ^{a b}	7.08±1.88 ^a	6.58±1.24 ^{ab}
10	80	8	7.25±1.48 ^{ab}	7.00±0.74 ^{ab}	6.83±1.27 ^{ab}	5.83±1.99 ^{abc}	6.92±1.16 ^{ab}
11	85	4	7.00±1.04 ^{abc}	6.50±1.38 ^{ab}	6.67±1.97 ^{ab}	6.08±1.51 ^{ab}	6.50±1.45 ^{ab}
12	85	6	6.83±0.94 ^{abc}	6.00±1.48 ^b	6.08±1.62 ^{ab}	4.50±1.68 ^c	5.83±1.47 ^b
13	85	8	7.08±0.90 ^{abc}	6.17±1.75 ^b	6.67±1.87 ^{ab}	7.25±1.14 ^a	7.00±0.95 ^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยของ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบชิมค่อนข้างกระจาย ค่าคะแนนเฉลี่ยไม่สม่ำเสมอ อาจเนื่องจากผู้บริโภคนั้นไม่สามารถบอกความแตกต่างของตัวอย่างได้อย่างชัดเจน แต่สามารถบอกแนวโน้มของผู้บริโภคได้โดยการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ด้านของค่าสีพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนให้ความชอบสูงที่สุดกับผลิตภัณฑ์หมุดันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่เวลา 4 , 6 และ 8 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง คะแนนอยู่ในช่วง 7.00-7.42 คะแนน ในด้านของค่าคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของกลิ่นสูงสุด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 4 , 6 , 8 ชั่วโมง โดยคะแนนอยู่ในช่วง 7.00 - 7.50 คะแนน สำหรับค่าคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของกลิ่นสูงสุด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง โดยให้คะแนน 7.00 และค่าคะแนนเฉลี่ย ด้านความนุ่มผู้บริโภคให้คะแนนสูงสุด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง โดยคะแนนอยู่ในช่วง 7.08-7.25 คะแนน ด้านความชอบโดยรวมผู้บริโภคพบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 4 ,6 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.00-7.17 จากข้อมูลดังกล่าวมาสังเกตได้ว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มความชอบหมุดันที่ใช้ช่วงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเวลา ระหว่าง 4-6 ชั่วโมง และที่ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง

4.5 ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของหมุดันสำเร็จรูป

ทำการผลิตหมุดันสำเร็จรูปโดยใช้ภาวะการตุ๋นที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.2 คือ ใช้อุณหภูมิการตุ๋น 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง 33 นาที เพื่อนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด Laminate low density polyethylene (LLDPE) น้ำหนักรวม 300 กรัม ต่อถุง (เนื้อตุ๋น 100 กรัม น้ำซूप 200 กรัม) นำไปให้เซฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารจำนวน 10 ท่าน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ทดสอบจะต้องทดสอบผลิตภัณฑ์ตามแบบประเมินที่ได้อธิบายคำแนะนำและวิธีการแปรรูปเนื้อหมุดัน (แบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ก) และให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ด้านลักษณะปรากฏของ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-Point hedonic scale และอาจมีการปรับปรุงสูตรด้วยวิธีการ Just about right scale (JAR) ในกรณีที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยกว่า 7 คะแนน แต่ถ้าค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนน จาก 9 คะแนน จะไม่มีการปรับปรุง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.12 และ 4.12

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลทั่วไปของเชฟและผู้เชี่ยวชาญต่อผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป

ข้อมูล	ผลการสำรวจผู้บริโภค	(ร้อยละ)
เพศ	ชาย	60
	หญิง	40
อายุ	ต่ำกว่า 30 ปี	50
	31-40 ปี	50
	41-50 ปี	-
	51 ปี ขึ้นไป	-
อาชีพ	เชฟ	20
	อาจารย์/ผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร	80
ประสบการณ์ในการทำอาหาร	ต่ำกว่า 5 ปี	10
	5-10 ปี	70
	มากกว่า 10 ปี	20
การศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	-
	ปริญญาตรี	60
	สูงกว่าปริญญาตรี	40
	อื่น ๆ	-
ความถี่ในการบริโภคอาหารเมนูจากเนื้อหมู	ทุกวัน	80
	1 ครั้ง/สัปดาห์	-
	2-3 ครั้ง/สัปดาห์	20
ท่านเคยกินผลิตภัณฑ์หมูต้นหรือไม่	เคย	90
	ไม่เคย	10
เมนูจากหมูต้นใดบ้างที่ท่านเคยบริโภค	ก๋วยเตี๋ยวหมูต้น	25.64
	หมูต้นพะโล้	17.94
	หมูต้นยาจีน	15.39
	หมูต้นน้ำแดง	12.82

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ข้อมูลทั่วไปของเชฟและผู้เชี่ยวชาญต่อผลิตภัณฑ์หมูตุนสำเร็จรูป

ข้อมูล	ผลการสำรวจผู้บริโภคร	(ร้อยละ)
เมนูจากหมูตุนใดบ้างที่ท่านเคยบริโภค	สตูหมู	12.82
	ข้าวหน้าหมูตุน	15.39
	อื่น ๆ	-
ราคาหมูตุนต่อ 1 หน่วย บริโภคควรมีราคาเท่าไร	35 - 40 บาท	10
	45 - 50 บาท	40
	55 - 60 บาท	40
	65 - 70 บาท	10
	75 - 80 บาท	-
	85 - 90 บาท	-
	อื่น ๆ	-

หมายเหตุ: จำนวนผู้ทดสอบ 10 คน

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์เป็น เพศชาย ร้อยละ 60 และหญิง ร้อยละ 40 โดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุต่ำกว่า 30 ปี ร้อยละ 50 และช่วง 35-40 ปี ร้อยละ 50 ด้านการประกอบอาชีพเป็นอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร ร้อยละ 80 และมีอาชีพเป็นเชฟ ร้อยละ 20 โดยส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการทำอาหาร 5-10 ปี ร้อยละ 70 รองลงมามากกว่า 10 ปี ร้อยละ 20 ต่ำกว่า 5 ปี ร้อยละ 10 โดยมีระดับการศึกษาส่วนใหญ่เป็นปริญญาตรี ร้อยละ 60 สูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 40 โดยผู้ทดสอบส่วนใหญ่นิยมรับประทานอาหารเมนูเนื้อหมูทุกวันถึงร้อยละ 80 และ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 20 เชฟและผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เคยทานผลิตภัณฑ์จากหมูตุน ร้อยละ 90 และไม่เคยทานมีเพียง ร้อยละ 10 เมื่อแนะนำเมนูหมูตุนสำเร็จรูป โดยส่วนใหญ่เชฟและผู้เชี่ยวชาญจะเคยบริโภค เมนูก๋วยเตี๋ยวหมูตุน ร้อยละ 25.64 หมูตุนพะโล้ ร้อยละ 17.94 หมูตุนยาจีน ร้อยละ 15.39 หมูตุนน้ำแดง ร้อยละ 12.82 สตูหมู ร้อยละ 12.82 และข้าวหน้าหมูตุน ร้อยละ 15.39 ตามลำดับ

จากการสำรวจราคาผลิตภัณฑ์หมูตุนสำเร็จรูป 1 หน่วยบริโภคควรมีราคา 35 - 40 บาท ร้อยละ 10 ราคา 45 - 50 บาท ร้อยละ 40 ราคา 55 - 60 บาท ร้อยละ 40 และราคา 65 - 70 บาท ร้อยละ 10

จากที่ได้กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าผู้เชี่ยวชาญและเชฟส่วนใหญ่ นิยมรับประทานอาหารเมนูหมูทุกวันและเคยทานผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นถึงร้อยละ 90 และเมนูที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับที่ 1 คือเมนูถ้วยเดียวหมูตุ๋น ซึ่งตรงกับกับแบบสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคเนื้อหมู 100 คน (ภาคผนวก จ) สำหรับราคาของผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูป 1 ถูง ที่เชฟคิดว่าเหมาะสมอยู่ในช่วง 45-60 บาทซึ่งมีมูลค่าสูงกว่าเมนูหมูตุ๋นทั่วไปตามท้องตลาดเล็กน้อย (ราคาประมาณ 30 – 50 บาท) ซึ่งเป็นราคาที่ผู้บริโภคสามารถจ่ายได้ทุกคน ทุกอาชีพ และทุกวัน เหมือนผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปตามท้องตลาดที่วางจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ และได้รับความสนใจถึงร้อยละ 81 ใน (ภาคผนวก จ)

จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและเชฟ กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์เมนูหมูตุ๋นสำเร็จรูปนี้มีความน่าสนใจเชิงเศรษฐศาสตร์และธุรกิจ ที่สามารถนำไปต่อยอดเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในเมนูอาหารได้หลากหลาย เพราะผลิตภัณฑ์มีน้ำซุปรสกลมูที่เคี้ยวได้ที่และเนื้อหมูตุ๋นที่มีความนุ่มเหมาะสมต่อการบริโภคแล้ว สามารถนำไปปรุงแต่งรสชาติเพิ่มเติมได้และสามารถใช้งานได้ง่าย ช่วยลดเวลาในการเตรียมหมูตุ๋นที่ต้องใช้เวลานาน โดยเพียงใช้การอุ่นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปนี้ในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาทีก็สามารถนำไปประกอบเมนูอาหารหรือรับประทานได้ทันที

ตารางที่ 4.13 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของหมูตุ๋นสำเร็จรูป

ปัจจัย/คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย
สีของเนื้อตุ๋น	7.30±0.82
กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์	7.50±0.71
รสชาติของผลิตภัณฑ์	7.50±0.85
ความนุ่มของเนื้อตุ๋น	7.70±0.82
การยอมรับโดยรวม	7.70±0.48

หมายเหตุ: จำนวนผู้ทดสอบ 10 คน

จากตารางที่ 4.13 พบว่า เชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารให้คะแนนความชอบเฉลี่ย ในด้านของสีเนื้อตุ๋น กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ รสชาติของผลิตภัณฑ์ ความนุ่มของเนื้อตุ๋น และการยอมรับโดยรวม โดยใช้แบบสอบถามใน (ภาคผนวก ก) ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9 point hedonic scale เกณฑ์การให้คะแนนความชอบและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูป จากไม่ชอบมากที่สุด (1) ถึง ชอบมากที่สุด (9) โดยคะแนนที่ได้อยู่ในระดับ ชอบปานกลางโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง

7.30-7.70 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี อาจต้องมีการปรับปรุงในเรื่องของสี ให้มีคะแนนสูงขึ้น เนื่องจากการเคี้ยวเนื้อหมูเป็นระยะเวลานานทำให้เนื้อหมูมีสีที่ซีดจางลง แต่ความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดีเกือบถึงดีมาก แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปเป็นที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญและเซฟ

4.6 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูป

เมื่อนำผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูป ที่ผลิตได้จากการใช้สภาวะที่เหมาะสมในการตุ๋น คือใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง 33 นาที มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 15 วัน โดยนำตัวอย่างออกมาตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุกๆ 3 วัน ได้แก่ วันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน ตามลำดับ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูป

อายุการเก็บรักษา (วัน)	ผลวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)
0	(ไม่พบ)
3	(ไม่พบ)
6	(ไม่พบ)
9	(ไม่พบ)
12	2×10^1
15	3×10^1

จากตารางที่ 4.14 พบว่า ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปสามารถเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 15 วัน โดยวันที่ 15 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มี ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินค่ามาตรฐานของอาหารสำเร็จรูปพาสเจอร์ไรซ์ ที่กำหนดให้เป็น 1×10^6 cfu/g เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงสำหรับการพาสเจอร์ไรซ์และใช้ระยะเวลานานถึง 5 ชั่วโมง 33 นาที

จึงสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากโดยปกติแล้วการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์จะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนและเวลาที่ใช้ ซึ่งการให้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์จะใช้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 60-85 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เช่น การพาสเจอร์ไรซ์ตามครัวเรือนทั่วไปนิยมใช้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือการพาสเจอร์ไรซ์ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรมการผลิต นม นมผง น้ำผลไม้ ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เป็นต้น (วิไล, 2552)

นอกจากนี้ อาหารที่ใช้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าอาหารที่ใช้ความร้อนฆ่าเชื้อในระดับสเตอริไรซ์ (ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส) เนื่องจากการพาสเจอร์ไรซ์เป็นการใช้ความร้อนต่ำไม่ถึง 100 องศาเซลเซียส จึงสามารถทำลายเชื้อที่ก่อโรคในอาหารได้บางชนิดเท่านั้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงต้องเก็บในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ เช่น เนื้อไก่พาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 186.7 นาที สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน (Juming et al., 2018)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การคัดเลือกสูตรน้ำซุที่ใช้ในการตุ๋นเนื้อหมู คัดเลือกสูตรที่ใช้อัตราส่วนต่างๆ ของน้ำซุ เป็นน้ำร้อยละ 69.68 กระดูกสันหลังหมูร้อยละ 19.35 หัวไชเท้าร้อยละ 6.45 น้ำตาลกรวดร้อยละ 1.11 กระเทียมร้อยละ 0.72 ซีอิ้วขาวร้อยละ 0.73 รากผักชีร้อยละ 0.58 เกลือแกงร้อยละ 0.49 พริกไทยร้อยละ 0.39 ผงปรุงอาหารรสหมูร้อยละ 0.30 และผงชูรสร้อยละ 0.20 โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบของน้ำซุระหว่างชอบปานกลางถึงชอบมาก

5.1.2 ภาวะที่เหมาะสมในการทำหมุดุน โดยใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนองในการออกแบบพบว่า การใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง 33 นาที มีผลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์หมุดุน มีค่าความสว่าง 61.74 ค่าความเป็นสีแดง 10.42 ความเป็นสีเหลือง 17.48 ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 42.19 ค่าความแข็ง 117.51 นิวตัน และ ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว 21.71 นิวตัน ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองที่สภาวะดังกล่าว

5.1.3 ผลิตภัณฑ์หมุดุนสำเร็จรูปที่ขนาดบรรจุ 300 กรัม เมื่อนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยเชฟและผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหาร พบว่าได้รับความพอใจในคุณภาพด้านต่างๆ อยู่ในช่วงค่าคะแนนเฉลี่ย 7.3-7.7 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

5.1.4 ผลิตภัณฑ์หมุดุนสำเร็จรูปสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเป็นเวลาอย่างน้อย 15 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 3×10 cfu/g

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สามารถนำกระบวนการผลิตหมุดุนสำเร็จรูปไปใช้กับวัตถุดิบเนื้อประเภทอื่น เช่น เนื้อไก่ เนื้อวัว เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายขึ้น โดยใช้น้ำซุที่มีสูตรแตกต่างกันไป

5.2.2 ผลิตภัณฑ์หมุดุนสำเร็จรูปสามารถผลิตให้บรรจุในภาชนะบรรจุหลายๆ ขนาดเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- กองโภชนาการ. 2544. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: กองโภชนาการ.
- คมแข พิลาสมบัติ. 2559. **จุลชีววิทยาเนื้อสัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2559. **วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการอาหาร(เล่ม 1)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คราวุฒิ เกนุ้ย, สุวรรณมา ตปนียากรกช, มุกกรินทร์ แพรกนกแก้ว, พรณิกา ครโสภา, อรรถสิทธิ์ เกษรราช, สราญลักษณ์ พวงกนก, คีร์ริชเนสส์, อภิชาติ พิรุณรัมย์, เวชพงษ์ รัตนมาลี, นุชนันท์ ทักษิณำบัณฑิต. 2554. **ก๋วยเตี๋ยวแม่ขวัญข้าว**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์พรพิชชา พิมพ์ซึ่ง จำกัด.
- จำนงค์ นิรังสรรค์. 2551. **Thai Chefs**. 20. กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์ บริษัท ประชากร อินเตอร์พรีน จำกัด.
- จัญญ์ จันทลักษณ์. 2540. **สถิติวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชัยณรงค์ กันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ วัฒนาพานิช.
- ณัฐพล สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2561. “การใช้การชูวีร่วมกับความดันเพื่อการผลิตเนื้ออกไก่นุ่มสำหรับผู้สูงอายุ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทวีทอง หงส์วิวัฒน์, นิดา หงส์วิวัฒน์, ออบเชย อิ่มสบาย, ศิริลักษณ์ รอดยงค์, ธนิตาจินสันเทียะ, ณัฐยา เต็งมงคล และ สามารถ สุดโต. 2546. **ก๋วยเตี๋ยวเรือและก๋วยเตี๋ยวรสไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด.
- นิธิยา รัตนাপนนท์ และ วิบูลย์ รัตนูปนนท์. 2553. **สารพิษในอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

- นิธิยา รัตนานนท์. 2544. **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์.
- นิตดา หงส์วิวัฒน์, ทวีทอง หงส์วิวัฒน์, อบเชย อิ่มสบาย, ศิริลักษณ์ รอดยันต์, ธนิตาจินสันเทียะ, ณัฐยา เต็งมงคล, สามารถ สุดโต และ พิณศักดิ์ แก้วใหญ่. 2549. **กล้วยเดี่ยวเป็นอาชีพ**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด.
- บังอร บุญชู, นิภาพร และ กมลกาญจน์ จัญญาจัญญ์. 2551. **คุณค่าทางอาหารของน้ำซूप**. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2550. **วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ งานตำราและเอกสารการพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ราชอาณาจักรไทย.
- ปานมนัส ศิริสมบุญ. 2559. **การวัดเนื้อสัมผัสของผลผลิตทางการเกษตรและอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด มิน เซอร์วิส ซัพพลาย.
- ประชา บุญญศิริกุล และอรวินท์ ไทรกี. 2519. **อาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งราชอาณาจักรไทย.
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ เค.ยู.เพลส.
- วิไล รังสาดทอง. 2552. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ เท็กซ์แอนด์เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.
- ศิริลักษณ์ สินธวาลย์. 2522. **ทฤษฎีอาหาร เล่มที่ 3 หลักการทดลองอาหาร**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เกษมศรี ซี.พี.
- สุทิดา เหวียนระวี. 2555. **หมูทำอะไรก็อร่อย**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ อมรินทร์.
- สุนิมาศ โนรี. 2553. **หลักการประกอบอาหารทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- อนุวัตร แจ่มชัด. 2549. **สถิติสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประยุกต์**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อนุวัตร แจ่มชัด. 2552. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม**. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Christensen, L.B., Ertbjerg, P., Aaslyng, M.D. and Christensen, M. 2011. Effect of prolonged heat treatment from 48°C to 63°C on toughness, cooking loss and color of pork. *Meat Science*. 88: 280-285.
- Andre, B., Annika, B., Sylvia, P., Anja, R. and Gunter, K. 2015. Low temperature, long time treatment of porcine *M. longissimus thoracis et lumborum* in a combi steamer under commercial conditions. *Meat Science*. 110: 230-235.
- Aidells, B., and Kelly, D. 1998. **The complete meat cook book**. New York: Houghton Mifflin books.
- AOAC. 2000. Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- Anonymous. 2005. **Design-Expert® 7 is released**. **Stat-Teaser**. News from Stat-Ease, Inc. Stat- Ease Corporation Publisher.
- Baldwin, D.E. 2012. Sous-vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 1: 15-30.
- Bendall, J. R., and Restall, D. J. 1983. The cooking of single myofibres, small myofibre bundles and muscle strips from beef *M. psoas* and *M. sternomandibularis* muscles at varying heating rates and temperatures. *Meat Science*. 8: 93–117.
- Btush, E. 1983. **The good cook pork**. U.S.A : Time life book.
- Cao, Y. and Gu, W. C.E. 2013. Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage. *International Journal of Food Chemistry*. 141: 1655-1660.
- Cerreti, M., Liburdi, K., Benucci, I. and Esti, M. 2016. The Effect of pectinase and protease treatment on turbidity and on haze active molecules in pomegranate juice. *International Journal of LWT - Food Science and Technology*. 76: 326-333.

- Christensen, L.B., Ertbjerg, P., Aaslyng, M.D. and Christensen, M. 2011. Effect of prolonged heat treatment from 48°C to 63°C on toughness, cooking loss and color of pork. *Meat Science*. 88: 280-285.
- Girard, L., Bruce, H.L., Basarab, J.A., Larsen, I.L. and Aalhus, J.L. 2012. Contribution of myofibrillar and connective tissue components to the Warner–Bratzler shear force of cooked beef. *Meat Science*. 92: 775–782.
- Hostetler, R. L., and Landman, W. A. 1968 . Photomicrographic studies of dynamic changes in muscle fiber fragments. 1. Effects of various heat treatments on length, width and birefringence. *Journal of Food Science*. 33: 468 – 475.
- Juming, T., Yoon, K.H., Sumeyye, I. and Frank, L. 2018. Microwave pasteurization for ready-to-eat meals. *Current Opinion in Food Science*. 23: 133-141.
- Lazic, Z. 2004. **Design of Experiments in Chemical Engineering**. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGAA, Weinheim.
- Laakkonen, E. , Sherbon, J. W., and Wellington, G. H. 1970. Low temperature, long-time heating of bovine muscle. *Journal of Food Science*. 35: 175–181.
- Li, Y., Li, C., Li, H., Lin, X., Deng, S. and Zhou G. 2016. Physicochemical and fatty acid characteristics of stewed pork as affected by cooking method and time. Oral Article *International Journal of Food Science and Technology*. 51: 359-369.
- Li, C.T. 2006. Myofibrillar protein extracts from spent hen meat to improve whole muscle processed meats. *International Journal of Meat Science*. 72: 581-583.
- Lovedeep, K., Elise, M., Derek R.H., Mike, J.B. and Harjinder, S. 2014. Microstructure and protein digestibility of beef: The effect of cooking conditions as used in stews and curries. *International Journal of LWT - Food Science and Technology*. 55: 612-620.
- Mohr, V., and Bendall, J. R. 1969. Constitution, physical and chemical properties of intramuscular connective tissue. *Nature*. 223: 404-405.
- Purslow, P.P. 2005. Intarmuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*. 70: 435-447.
- Pearce, K.L., Rosenvold, K., Andersen, H.J. and Hopkins, D.L. 2011. Water distribution on mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on

fresh meat quality attributes –A review. *International Journal of Meat Science*. 89: 111-124.

Ranken, M.D. 2000. *Handbook of meat product technology*. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd.

Young, L.L. and Lyon, C.E. 1997. Effect of post chill aging and sodium tripolyphosphate on moisture binding properties, color and Warner-Bratzler shear value of chicken breast. *International Journal of Meat Science*. 90: 828-835.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ก-1. แบบสอบถามทัศนคติและความคิดเห็นเกี่ยวกับเมนูอาหารที่ทำจากเนื้อหมู

ตัวอย่างแบบสอบถาม

ลำดับที่.....

แบบสำรวจ

แบบสอบถามทัศนคติและความคิดเห็นเกี่ยวกับเมนูอาหารที่ทำจากเนื้อหมู

วัตถุประสงค์ : แบบสอบถามนี้จัดทำเพื่อสำรวจข้อมูลการบริโภคเนื้อหมูและการผลิตเมนูอาหารจากเนื้อหมูสำหรับการจัดและบริการอาหาร

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลหรือทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง หน้าคำตอบที่ท่านเลือก

ชื่อ.....

1.เพศ

ชาย

หญิง

2.อายุ

15-19 ปี

20-24 ปี

25-39 ปี

40-44 ปี

45-49 ปี

50-60 ปี

3.อาชีพ

นักศึกษา

ข้าราชการ

พนักงานรัฐวิสาหกิจ

ค้าขาย

พนักงานบริษัท

ธุรกิจส่วนตัว

รับจ้าง/ลูกจ้าง

อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

4.ระดับการศึกษา

ประถมศึกษา

มัธยมศึกษา/ปวช.

อนุปริญญา/ปวส.

ปริญญาตรี

ปริญญาโท

ปริญญาเอก

อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

5.รายได้ต่อเดือน

ต่ำกว่า 5,000 บาท

5,001-10,000 บาท

10,001-15,000 บาท

สูงกว่า 15,000 บาท

***** มีต่อด้านหลัง *****

6. ท่านชอบทานเนื้อหมูหรือไม่ (โปรดระบุ)

ชอบทาน เพราะ.....

ไม่ชอบทาน เพราะ.....

7. ถ้ามีการทำเมนูอาหารจากหมูตุน ท่านมีความสนใจหรือไม่ (โปรดระบุ)

สนใจ เพราะ.....

ไม่สนใจ เพราะ.....

8. ถ้ามีการทำเมนูอาหารจากหมูตุน ท่านมีความชื่นชอบเมนูใดจากหมูตุน (โปรดระบุอันดับที่ท่านชื่นชอบมา 3 อันดับโดยใส่ตัวเลข 1-3 ในช่อง

หมูตุนยจีน หมูตุนพะโล้ สตูหมู

ก๋วยเตี๋ยวหมูตุน หมูตุนน้ำแดง ข้าวต้มหมูตุน

9. ท่านยังมีเมนูอาหารที่ทำจากหมูตุนนอกจากนี้อีกหรือไม่ (โปรดระบุ)

.....

.....

10. ปัจจัยใดที่ทำให้ท่านมีความสนใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากหมูตุนสำเร็จรูป (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ราคา รสชาติ คุณค่าทางโภชนาการอาหาร

ระยะเวลาในการปรุงอาหาร แพ็คเก่งหรือบรรจุภัณฑ์ หาซื้อได้ง่าย

สะดวกต่อการรับประทาน ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ การโฆษณา

อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

11. สถานที่ที่ท่านนิยมมากที่สุด ในการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป

ห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ โลตัส บิ๊กซี ซูเปอร์มาเก็ตเช่น ท็อปส์ มินิบิ๊กซี

ร้านค้าสะดวกซื้อ เช่น 7-Eleven Family Mart อื่น ๆ (โปรดระบุ)

12. ท่านมีความสนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์หมูตุนสำเร็จรูปในการประกอบอาหารหรือไม่

สนใจ ไม่สนใจ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ก-3. แบบสอบถามทางความชอบทางประสาทสัมผัสของน้ำซุประดูกหมูที่ถูกปรับปรุงสูตรแล้ว
แบบ 9 -Point Hedonic Scale

ตัวอย่างแบบสอบถาม

แบบสอบถาม

ผลิตภัณฑ์ : น้ำซุประดูกหมู

วันที่.....ผู้ทดสอบ..... ชุดที่.....

คำแนะนำ : 1. ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 3 ตัวอย่าง

2. กรุณาอ่านคำชี้แจงก่อนทำแบบสอบถาม

3. ก่อนเริ่มทำแบบสอบถามกรุณาดื่มน้ำเปล่าและทานแครกเกอร์ก่อนทดสอบและ

ระหว่างการทดสอบการชิมตัวอย่าง

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบตามความรู้สึก ให้ตรงกับรหัสตัวอย่างสเกลความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	รหัส.....
สี	
กลิ่น	
รสชาติ	
ความใสของน้ำซूप	
ความชอบรวม	

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ก-4. แบบสอบถามทางความชอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูตุ๋น แบบ 9 -Point Hedonic Scale

แบบสอบถาม

ผลิตภัณฑ์ : เนื้อหมูตุ๋น

วันที่.....ผู้ทดสอบ..... ชุดที่.....

คำแนะนำ : 1. ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 3 ตัวอย่าง

2. กรุณาอ่านคำชี้แจงก่อนทำแบบสอบถาม

3. ก่อนเริ่มทำแบบสอบถามกรุณาดื่มน้ำเปล่าและทานแครกเกอร์ก่อนทดสอบและ

ระหว่างการทดสอบการชิมตัวอย่าง

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบตามความรู้สึก ให้ตรงกับรหัสตัวอย่างสเกล

ความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
ความนุ่ม			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ก-5. แบบสอบถามทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมุดันสำเร็จรูปโดยเซฟและผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้วิธีแบบ แบบ 9 -Point Hedonic Scale

เอกสารแนะนำแบบสอบถาม



แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

“ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับเวลาและความคิดเห็นอันมีค่าต่อการศึกษาและขอเรียนว่าข้อมูล
ส่วนตัวของท่านในแบบสอบถามนี้จะไม่ถูกนำไปเผยแพร่เพื่อการอื่นแต่อย่างใด”

นายพนทนต์ สายเป้า

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อหมูตุนสำเร็จรูป

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ-นามสกุล

1. เพศ ชาย หญิง

2. อายุ ต่ำกว่า 30 ปี 31- 40 ปี 41-50 ปี 51 ปี ขึ้นไป

3.อาชีพ / ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน

4. ประสบการณ์การทำอาหาร.....ปี

5. การศึกษา ต่ำกว่าปริญญาตรี ปริญญาตรี สูงกว่าปริญญาตรี อื่น ๆ.....

6. ความถี่ในการบริโภคอาหารเมนูจากเนื้อหมู ทุกวัน 1 ครั้ง/สัปดาห์ 2-3 ครั้ง/สัปดาห์

7. ท่านเคยกินผลิตภัณฑ์หมูตุนหรือไม่ เคย ไม่เคย

8. เมนูจากหมูตุนใดบ้างที่ท่านเคยบริโภค (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก๋วยเตี๋ยวหมูตุน หมูตุนพะโล้ หมูตุนยาจีน หมูตุนน้ำแดง สตูหมู

ข้าวหน้าหมูตุน อื่น ๆ.....

9. ท่านคิดว่าราคาหมูตุนต่อ 1 หน่วย บริโภคควรมีราคาเท่าไร

35 - 40 บาท 45 - 50 บาท 55 - 60 บาท 65 - 70 บาท 75 - 80 บาท

85 - 90 บาท อื่น ๆ.....

ส่วนที่ 2 คำแนะนำตัวผลิตภัณฑ์และวิธีการแปรรูป

ข้อมูลของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป ได้ผ่านกระบวนการตุ๋นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อลดระยะเวลาในการเตรียมอาหารและสะดวกต่อการใช้งานผลิตภัณฑ์ในธุรกิจการบริการอาหาร

วิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

แช่เย็นผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสไม่เกิน 7 วัน

วิธีการอุ่น

นำน้ำใส่ลงในหม้อขึ้นตั้งไฟรอน้ำร้อนอุณหภูมิ ประมาณ 80 – 85 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่ผลิตภัณฑ์ลงในหม้อน้ำที่ถึง อุณหภูมิประมาณ 20 - 30 นาที จากนั้นตัดปากถุงเทใส่ภาชนะบรรจุและทดสอบชิม

ส่วนที่ 3 การประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

คำชี้แจง : กรุณาให้คะแนนตรงกับความรู้สึกของท่าน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง
 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 = ชอบเล็กน้อย
 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

ปัจจัย / คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
สีของเนื้อหมู	
กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์	
รสชาติของผลิตภัณฑ์	
ความนุ่มของเนื้อหมู	
ความชอบ/การยอมรับโดยรวม	

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1) การวิเคราะห์ค่าสี

การวัดค่าสีระบบ Hunter Lab โดยใช้เครื่อง Minolta Color meter (CR-400) (Minotaco.,Ltd, Osaka, Japan) โดยการแสดงค่าสีเป็น L^* a^* และ b^*

ค่า L^* หมายถึง ค่าความสว่างของสี โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 100

ถ้าค่า L^* มีค่า 0 หมายถึงตัวอย่างมีลักษณะคล้ำหรือมืด (darkness)

ถ้าค่า L^* มีค่า 100 หมายถึงตัวอย่างมีลักษณะสว่าง (lightness)

ค่า a^* หมายถึง ค่าสีของตัวอย่างที่แสดงเป็นสีแดงและสีเขียว(redness/greenness)

ถ้าค่า a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึง ตัวอย่างมีลักษณะเป็นสีแดง (redness)

ถ้าค่า a^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างมีลักษณะเป็นสีเขียว (greenness)

ค่า b^* หมายถึง ค่าสีของตัวอย่างที่แสดงเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/blueness)

ถ้าค่า b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึง ตัวอย่างมีลักษณะเป็นสีเหลือง (yellowness)

ถ้าค่า b^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างมีลักษณะเป็นสีน้ำเงิน(blueness)

อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าสี Minolta Color meter (CR-400)

วิธีการ

1) ประกอบชิ้นส่วนของเครื่องวัดสีแล้วทำการ Calibration Plate เพื่อเทียบกับค่ามาตรฐานเพื่อความเที่ยงตรงในการวัดค่าสี

2) นำตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ได้จากการตุ๋นมาซับให้แห้งด้วยทิชชู จากนั้นนำหัวเครื่องวัดค่าสีทาบบนตัวอย่างชิ้นเนื้อจากนั้นทำการวัดค่าสี โดยแสดงในระบบ CIELAB (L^* , a^* , b^*) แต่ละชุดการทดลองวัด 3 ซ้ำ จดบันทึกหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture profile analysis (TPA) (Li, 2006)

ตาราง ข.1 การตั้งค่าของ TA-XT Plus setting : สำหรับเนื้อหมูตุ๋น

Mode	:	TPA
Pre-Test Speed	:	2.0 mm/s
Test Speed	:	1.0 mm/s
Post-Test Speed	:	10 mm/s
Distance	:	70 % strain
Trigger Type	:	Auto
Force	:	5 g

อุปกรณ์

- 1) หัววัดชนิด Stainless steel cylindrical No.50
- 2) ซ้อต่อยาว
- 3) ฐานเรียบ
- 4) ต้มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

วิธีการ

- 1) หั่นเนื้อหมูตุ๋น ให้มีขนาด 1.5×1.5×1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 2) ทำการวัดตามแนวขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ แต่ละชุดการทดลองวัด 5 ซ้ำ จดบันทึกหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 3) การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (Cooking loss) (ดัดแปลงจาก Young and Lyon, 1997)

อุปกรณ์

- 1) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

- 1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างชิ้นเนื้อหมูก่อนทำให้สุก

- 2) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้อหมูที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการตุ๋น
- 3) นำน้ำหนักที่ได้ ก่อนและหลังการให้ความร้อนมา คำนวณผลที่ได้ตามสูตรดังนี้

$$\% \text{ Cooking loss} = (W_b - W_a / W_b) \times 100$$

W_b = น้ำหนักตัวอย่างเนื้อก่อนทำให้สุก (weight of the before cooking, g)

W_a = น้ำหนักตัวอย่างเนื้อหลังทำให้ (weight of the after cooking, g)

4) การวิเคราะห์ค่าความขุ่น

อุปกรณ์

- 1) เครื่องวัดความขุ่น (Lovibond TurbiCheck)
- 2) หลอดใส่ตัวอย่างขนาด 10 ml
- 3) ปิเปต 10 ml
- 4) น้ำกลั่น

วิธีการ

- 1) นำหลอดเก็บตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้
- 2) ทำการ Calibration เครื่องวัดความขุ่นกับตัวอย่างความขุ่นที่ระดับต่าง ๆ เพื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน เพื่อความเที่ยงตรงในการวัดค่าความขุ่น
- 3) เทตัวอย่างน้ำซุปลงใส่กระชอนสแตนเลสจากนั้นทิ้งไว้ 20 นาที ให้ตกตะกอน และช้อนส่วนที่ใสไว้ในหลอดเก็บตัวอย่างให้เลยขีดที่หลอดเล็กน้อย
- 4) นำหลอดที่ใส่ตัวอย่างใสในช่องวัด โดยให้เครื่องหมายสามเหลี่ยมบนหลอดตรงกับเครื่องหมายสามเหลี่ยม ▲ บนเครื่อง ปิดฝาพลาสติกให้สนิทเพื่อไม่ให้แสงเข้า
- 5) จากนั้นกดที่ปุ่ม Read เพื่อวัดค่าในระหว่างการวัดเครื่องจะกระพริบประมาณ 8 วินาที จากนั้นจะแสดงผลการวัดในหน่วย NTU ทำการจดบันทึกเพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6) เมื่อทำการใช้เสร็จแล้วควรล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการเตรียมสำหรับการชิมผลิตภัณฑ์หมูตุ๋น

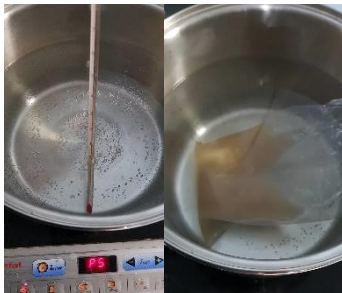
ขั้นตอนการเตรียมสำหรับการชิมผลิตภัณฑ์หมูตุ๋น



นำตัวอย่างออกจากตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



จากนั้นนำหม้อตั้งน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80-85 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่ตัวอย่างลงในหม้ออุ่น



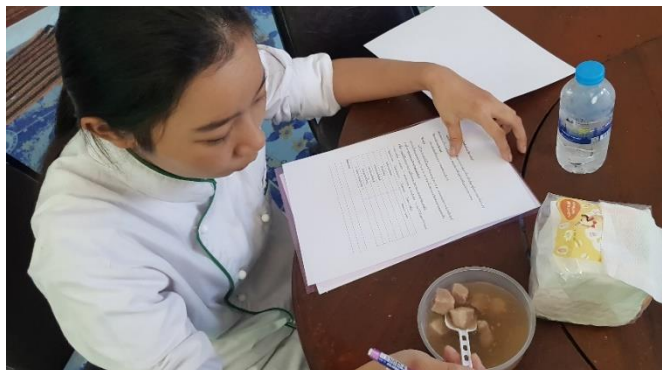
เป็นเวลา 20 นาที



จากนั้นตัดปากถุงเพื่อใส่กระชอนกรอง



นำตัวอย่างใส่ชามเสิร์ฟพร้อมแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญและเชฟชิม



รายชื่อเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารที่ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป

ตาราง ค.1 รายชื่อเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารที่ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป

ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน	ประสบการณ์ การทำอาหาร
กัญรดา ทุมจรรยา	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	5
กฤษณ์รภัต ขุนแผน	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	5
ณัฐฐินันท์ สมบัติเจริญนนท์	เชฟ	โรงแรม โอกระ	5
ณัฐณี จีระลักษณกุล	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	10
ดวงรัตน์ เจริญดี	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	5
ชนาวัดน์ เกิดภู	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	7
ภาณุพงศ์ จันทร์หาญ	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	12
ศุภรีดี คงตระกูล	เชฟ	โรงแรม โอกระ	7
สาธิต เมืองสมบุญ	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	5
อนุชา ลีพหาวงศธร	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	12

หมายเหตุ ; รายชื่อเรียงตามลำดับตัวอักษร

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ ทางจุลชีววิทยา

1) การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด Total plate count (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

- 1) อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
- 2) เครื่องตีปั่นอาหาร Stomacher รุ่น AES Laboratoire ประเทศฝรั่งเศส
- 3) ตู้บ่มเชื้อ Incubator รุ่น Memmert be 500 ประเทศญี่ปุ่น
- 4) หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ Autoclave รุ่น Hiclvetm ประเทศญี่ปุ่น
- 5) จานเลี้ยงเชื้อ
- 6) ปิเปต
- 7) หลอดทดลอง
- 8) กระจกตวง
- 9) อาหารเลี้ยงเชื้อ
- 10) น้ำกลั่น

วิธีการ

1) เตรียมสารละลายเจือจาง โดยนำตัวอย่าง มาชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้อหมูตุน 25 กรัม ซึ่งใช้ ซ้อนสแตนเลสฆ่าเชื้อแล้วตัดใส่ถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วสำหรับใช้ stomacher เติม diluent (0.85% normal saline) ลงไปประมาณ 100 มิลลิลิตร ตีปั่นนาน 1 นาที แล้วเติม normal saline ที่ เหลืออีก 125 มิลลิลิตร ตีปั่นต่ออีก 30 วินาที จะได้ dilution 1 : 10 แล้ว ทำ dilution ต่อเป็น 10^{-1} , 10^{-2} , และ 10^{-3}

2) ปิเปตสารละลายเจือจางของผลิตภัณฑ์ที่ dilution 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ ในจานเลี้ยงเชื้อ dilution ละ 3 จาน เท Plate count agar (ที่ 40 – 45 องศาเซลเซียส) ลงในจานเลี้ยง เชื้อประมาณจานละ 15 – 20 มิลลิลิตร pour plate แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กลับด้านจานเลี้ยงเชื้อ

3) นำจานเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส นาน 2 – 3 วัน ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ แล้วรายงานผลเป็นจำนวน โคโลนีต่อผลิตภัณฑ์ 1 กรัมและมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่ 1×10^6 cfu/g

ภาคผนวก จ

การทดลองเบื้องต้น

ผลการสำรวจจากแบบสอบถามทัศนคติของผู้บริโภคเนื้อหมูทำ single space 100 คน โดยทำการสุ่มกลุ่มเป้าหมายเป็นบุคคลทั่วไป โดยกำหนดช่วงอายุที่ 15-60 ปี ซึ่งเป็นช่วงวัยศึกษาถึงวัยทำงานเกี่ยวกับทัศนคติของการบริโภคเนื้อหมูในชีวิตประจำวันและความสนใจในการผลิตเนื้อหมูต้นสำเร็จรูปเพื่อใช้ทำเมนูอาหารจากหมูต้นในชีวิตประจำวัน และปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูต้นสำเร็จรูปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ จ.1 แสดงข้อมูลผู้เข้าร่วมทดสอบ

	ปัจจัยส่วนบุคคล	ร้อยละ
1.เพศ	ชาย	80
	หญิง	20
2.อายุ	15-19 ปี	8
	20-24 ปี	20
	25-39 ปี	40
	40-44 ปี	10
	45-49 ปี	8
	50-60 ปี	14
3.อาชีพ	นักศึกษา	23
	ข้าราชการ	10
	พนักงานรัฐวิสาหกิจ	1
	ค้าขาย	8
	พนักงานบริษัท	23

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) แสดงข้อมูลผู้เข้าร่วมทดสอบ

	ปัจจัยส่วนบุคคล	ร้อยละ
	ธุรกิจส่วนตัว	9
	รับจ้าง/ลูกจ้าง	19
	อื่นๆ	7
4. ระดับการศึกษา		
	ประถมศึกษา	9
	มัธยมศึกษา/ปวช.	43
	อนุปริญญา/ปวส.	8
	ปริญญาตรี	36
	ปริญญาโท	4
	ปริญญาเอก	0
	อื่น ๆ	0
5. รายได้ต่อเดือน		
	ต่ำกว่า 5,000บาท	11
	5,001-10,000 บาท	31
	10,001-15,000 บาท	26
	สูงกว่า 15,000 บาท	32

ตารางที่ จ.1.1 ข้อมูลทัศนคติความคิดเห็นจำนวน(คน) และร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง

	ปัจจัยส่วนบุคคล	ร้อยละ
1. ท่านชอบทานเนื้อหมูหรือไม่		
	ชอบทาน	85
	ไม่ชอบทาน	15
2. ถ้ามีการทำเมนูอาหารจากหมูตุน ท่านมีความสนใจหรือไม่		
	สนใจ	81
	ไม่สนใจ	19
3. ถ้ามีการทำเมนูอาหารจากหมูตุน ท่านมีความชื่นชอบเมนูใดจากหมูตุน (คิดเป็นผลรวมคะแนนตามระดับความชอบ)		

ตารางที่ จ.1.1 (ต่อ) ข้อมูลทัศนคติความคิดเห็นจำนวน(คน) และร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง

ปัจจัยส่วนบุคคล	ร้อยละ
เมนู	คะแนนที่ได้รับ
ก๋วยเตี๋ยวหมูตุ๋น	211
หมูตุ๋นพะโล้	152
หมูตุ๋นยาจีน	103
หมูตุ๋นน้ำแดง	38
ข้าวต้มหมูตุ๋น	63
สตูหมู	33
4.ปัจจัยใดที่ทำให้ท่านมีความสนใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากหมูตุ๋นสำเร็จรูป	
ราคา	17.60
รสชาติ	19.49
คุณค่าทางโภชนาการอาหาร	2.75
ลดระยะเวลาในการปรุงอาหาร	13.07
แพ็คเกจหรือบรรจุภัณฑ์	13.76
หาซื้อได้ง่าย	9.86
สะดวกต่อการรับประทาน	8.94
ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่	6.88
การโฆษณา	6.65
อื่น ๆ	0.91
5.สถานที่ที่ท่านนิยมมากที่สุด ในการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป	
ห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ โลตัส บิ๊กซี	35
ซูเปอร์มาร์เก็ตเช่น ท็อปส์ มินิบิ๊กซี	10
ร้านค้าสะดวกซื้อ เช่น 7-Eleven Family Mart	51
อื่น ๆ	4
6.ท่านมีความสนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปในการประกอบอาหารหรือไม่	
สนใจ	81
ไม่สนใจ	19

จากผลการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคใน ตารางที่ 4.2 พบว่าผู้บริโภคมีความความสนใจใน

เมนูหมุดันถึงร้อยละ 81 โดยเมนูที่ได้รับคะแนนสูงสุด คือ เมนูกล้วยเดี่ยวหมุดัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้รับมากำหนดเมนูอาหารที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์

ตารางที่ จ.2 ความพอดีของผลิตภัณฑ์น้ำซุปรักคอกหมูสูตรมาตรฐานที่แตกต่างกัน 3 สูตร (ผู้ทดสอบ 50 คน) หน่วยเป็นจำนวนคน (ร้อยละ)

ปัจจัยคุณภาพ	น้ำซุปรักคอกหมู สูตรที่ 1		น้ำซุปรักคอกหมู สูตรที่ 2		น้ำซุปรักคอกหมู สูตรที่ 3	
	ผู้ทดสอบ	ร้อยละ	ผู้ทดสอบ	ร้อยละ	ผู้ทดสอบ	ร้อยละ
	(คน)		(คน)		(คน)	
สี						
น้อยไป	17	34	10	20	1	2
พอดี	32	64	36	72	18	36
มากไป	1	2	4	8	31	62
กลิ่น						
น้อยไป	10	20	12	24	3	6
พอดี	36	72	33	76	18	36
มากไป	4	8	5	10	29	58
รสชาติ						
น้อยไป	14	28	12	24	20	40
พอดี	32	64	32	64	10	20
มากไป	4	8	6	12	20	40
ความใสของน้ำซूप						
น้อยไป	5	10	5	10	38	76
พอดี	41	82	40	80	11	22
มากไป	4	8	5	10	1	2
ความชอบรวม						
น้อยไป	8	16	6	12	1	2
พอดี	39	78	39	78	19	38
มากไป	3	6	5	10	30	60

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ-นามสกุล** นายนนทนันท์ สายเป้า
- วัน เดือน ปีเกิด** 8 มิถุนายน พ.ศ. 2535
- ประวัติการศึกษา** สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะโรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ปีการศึกษา 2557
- ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2557 และสำเร็จการศึกษา 2562
- การนำเสนอผลงาน** Saipao , N. and Kerdpiboon , S. 2018. Effect of Stewed Process on Qualities of Round Pork. **The International Conference on Food and Applied Bioscience 2018. Proceeding book.18(29):45-49**

ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมูและการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป

**Effect of stewed process on qualities of pork and production of
stewed pork product**

นนทนันท์ สายเป้า

Nonthanan Saipao

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-AI-M-055-327

**Effect of stewed process on qualities of pork and production of
stewed pork product**

Nonthanan Saipao

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SERVICE AND CATERING
TECHNOLOGY
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2019

KMITL-2019-AI-M-055-327

COPYRIGHT 2019

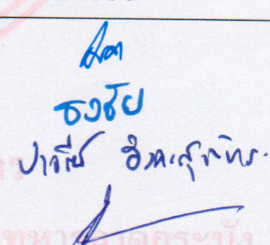
AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมูและการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป
EFFECT OF STEWED PROCESS ON QUALITIES OF PORK AND
PRODUCTION OF STEWED PORK PRODUCT

ชื่อนักศึกษา นายนนทนันท์ สายเป้า
รหัสประจำตัว 57608042
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์ ผศ.ดร. ธงชัย พุฒทองศิริ ดร. ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร รศ.เขาวลัักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์	

วัน / เดือน / ปีที่ 21 พฤษภาคม 2562 เวลา 09.30 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิริโรคม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 26 เดือน 09 พ.ศ. 62

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมูและการผลิตหมูตุ๋น สำเร็จรูป
นักศึกษา	นายณนทนต์ สายเป้า
รหัสประจำตัว	57608042
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์

บทคัดย่อ

การตุ๋น เป็นการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา นาน โดยการใช้น้ำซุปลหรือน้ำสต็อกเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน วัตถุประสงค์ที่นิยมใช้ในการตุ๋น ได้แก่ เนื้อสัตว์หรือวัตถุดิบอาหารที่ต้องการให้มีกลิ่นรสของส่วนผสมในน้ำซุปลแทรกซึมเข้าไปใน วัตถุดิบ อีกทั้งยังทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มอีกด้วย สำหรับเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ใช้เวลาในการตุ๋น ข้ามคืน ทั้งนี้ระดับความร้อนและระยะเวลาที่ใช้ในการตุ๋นที่เหมาะสม สามารถช่วยผลิตอาหารให้มี คุณลักษณะตามต้องการและช่วยประหยัดพลังงานในการผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ผลของกระบวนการตุ๋นที่มีต่อคุณลักษณะและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูตุ๋น โดยเริ่มจากการศึกษาสูตรของน้ำซุปลที่นำมาใช้ในการผลิตหมูตุ๋น การศึกษาผลของกระบวนการตุ๋น ที่มีต่อคุณลักษณะและความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการหาสภาวะที่ เหมาะสมในการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป การประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปโดยใช้ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหารและการประเมินอายุการเก็บรักษาของ ผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติ ความใสของน้ำซุปล สี กลิ่น และความชอบโดยรวมของสูตรน้ำซุปลที่คัดเลือกและปรับปรุงสูตรแล้ว โดยให้คะแนน ความชอบระหว่าง 7.31-7.50 คะแนน เมื่อนำน้ำซุปลจากสูตรที่คัดเลือกมาผลิตหมูตุ๋นและศึกษา สภาวะที่เหมาะสมในการให้ความร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 75-85 องศาเซลเซียส นาน 4-8 ชั่วโมง ออกแบบการทดลองโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง พบว่าสภาวะที่ใช้ในการตุ๋นตอบสนองต่อค่าความ สว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ความแข็ง และแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของหมูตุ๋น

นอกจากนี้อุณหภูมิและระยะเวลาในการตุ๋นส่งผลต่อคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และการยอมรับโดยรวมของหมูตุ๋น ซึ่งพบว่าผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มยอมรับเนื้อหมูที่ผ่านการตุ๋นที่ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4-6 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง โดยให้คะแนนระหว่าง 7.00-7.50 คะแนน จากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการตุ๋นเนื้อหมู พบว่าการใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง 33 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการให้ความร้อนแก่เนื้อหมู โดยหมูตุ๋นมีค่าความสว่าง 61.74 ค่าสีแดง 10.42 ค่าสีเหลือง 17.48 การสูญเสีย น้ำหนักร้อยละ 42.19 ความแข็ง 117.51 นิวตัน และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว 21.71 นิวตัน โดยมีค่าความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพึงพอใจ เมื่อนำผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากเชฟและผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหาร พบว่าผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปได้รับการยอมรับในทุกด้าน มีค่าอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก มีคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ระหว่าง 7.30-7.70 คะแนน และเมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปพบว่าสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้อย่างน้อยเป็นระยะเวลา 15 วัน ซึ่งมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^6 cfu/g

Thesis Title	Effect of stewed process on qualities of pork and production of stewed pork product
Student	Nonthanan Saipao
Student ID.	57608042
Degree	Master of Science
Program	Food Service and Catering Technology
Year	2019
Thesis Advisor	Assist.Prof.Dr. Soraya Kerdpiboon

ABSTRACT

Stewing is thermal food process using temperature lower than 100°C for a long time. A heating medium, soup or stock solution, is used to stew food materials such as meat or other food materials, in which flavor of ingredients in stock solution is transferred to foods. Moreover, stewed process induces tenderness to foods. Since stew process normally spends time for overnight, using of optimized cooking temperature and time could be produced desired food qualities and safe the energy. This research was therefore to study effect of stewing conditions on characteristics and sensory acceptance of stewed pork. The desired stock solution formula used to produce stewed pork was studied. Then effects of stewing conditions on characteristics and sensory acceptance, as well as the optimized stewing condition were observed. Moreover, the optimized stewed pork was served to panels who experted in the field of services and catering before shelf-life assessment. It was found that panels accepted the desired stock solution with preference scores between 7.31-7.50 points. The response surface methodology technique was used to optimize stewing condition. The temperature of 75 to 85°C and cooking time of 4-8 hours were used to design the

experiments and lightness, redness, yellowness, cooking loss, hardness and chewiness were used as responses. The balance incomplete block was designed for sensory acceptance of stewed pork in terms of its color, smell, taste, tenderness and overall acceptance. Panels tended to prefer pork stewed at 80°C for 4-6 hours and 85°C for 8 hours, respectively. The sensory scores were between 7.00-7.50 points. The optimized condition of stewing at 80°C for 5 hours and 33 minutes represented stewed sample with lightness, redness and yellowness of 61.74, 10.42 and 17.48, respectively, as well as cooking loss, hardness and chewiness of 42.19%, 117.51 N and 21.71 N, respectively. The optimized condition was used to produce stewed pork and observed by chefs and the experts in food service and catering. It was found that they accepted stewed pork with acceptance scores were between 7.30-7.70 points. The sample can be kept at 4°C at least 15 days due to total microorganisms were not higher than 6×10^6 cfu/g.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. โสริยา เกิดพิบูลย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยดูแลเอาใจใส่ ให้ความรู้ คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ และให้กำลังใจ รวมถึงตรวจสอบแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ และดร.ปจรรย์ อิงคะสุภัทร กรรมการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ รศ.เขวาลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารทุกๆ ท่านที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการทดสอบชิมประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและการยอมรับในผลิตภัณฑ์หมุดสำเร็จรูป ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ครอบครัว บิดา มารดา และพี่ของข้าพเจ้า นางสาวดารานี สายเป้า ที่ช่วยส่งเสริม ให้การสนับสนุนทางการศึกษาและให้กำลังใจมาโดยตลอด รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ เจ้าหน้าที่ ทุกคนที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือให้คำปรึกษาในทุกๆด้าน จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ตามที่ตั้งใจไว้

นนทนันท์ สายเป้า

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การคั่ว.....	3
2.2 เนื้อสุกร.....	4
2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อสัตว์เมื่อได้รับความร้อน.....	9
2.4 น้ำซุ๊ป.....	12
2.5 อันตรายทางชีวภาพที่พบในอาหาร.....	14
2.6 วิธีการพ่นที่ผิวตอบสนอง	16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัตถุประสงค์	21
3.2 อุปกรณ์เครื่องมือ และอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	22
3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์.....	29
3.5 การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของหมูต้นสำเร็จรูป.....	31
3.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา.....	31
บทที่ 4 ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ผลการคัดเลือกและปรับปรุงสูตรน้ำซุ๊ปที่ใช้ในการตุ๋น.....	32
4.2 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำหมูต้น.....	37
4.3 การทำนายภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมูต้น.....	44
4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อหมูต้น.....	47
4.5 ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของหมูต้นสำเร็จรูป.....	49
4.6 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป.....	53
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	55
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	55
เอกสารอ้างอิง.....	56
ภาคผนวก ก. การประเมินผลทางประสาทสัมผัส.....	61
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ทางกายภาพ.....	70
ภาคผนวก ค. ขั้นตอนการเตรียมสำหรับการชิมหมูต้น.....	74
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา.....	76
ภาคผนวก จ. การทดลองเบื้องต้น.....	77
ประวัติผู้วิจัย.....	81

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 Meat cooking methods and temperatures.....	4
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงตำแหน่งลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ของเนื้อหมูและ องค์ประกอบทาง.....	7
ตารางที่ 2.3 พลังงานที่ได้รับจากเนื้อสุกร 100 กรัม (หนึ่งหน่วยบริโภค 108 กิโลแคลอรี)..	9
ตารางที่ 2.4 เชื้อก่อโรคในอาหารประเภทอาหารและการป้องกัน.....	14
ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของค่า Desirability กับระดับความพึงพอใจต่อคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์.....	17
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนสูตรน้ำซุปรดหมู.....	24
ตารางที่ 3.2 การกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการผลิตหมูต้น	26
ตารางที่ 3.3 ปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง.....	29
ตารางที่ 3.4 การเสิร์ฟตัวอย่างเนื้อหมูต้นให้ผู้ทดสอบชิมวางแผนทดลองแบบ Balance Incomplete.....	30
ตารางที่ 4.1 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำซุปรดหมูพื้นฐาน.....	32
ตารางที่ 4.2 Binomial test ความไม่พอดี ของน้ำซุปรดหมูมาตรฐานที่ได้รับการคัดเลือก เบื้องต้น สูตร 1 และ 2 หน่วยเป็นจำนวนคน (ร้อยละ).....	35
ตารางที่ 4.3 อัตราส่วนของน้ำซุปรดหมู 2 ก่อนและหลังการปรับปรุง.....	36
ตารางที่ 4.4 ค่าคะแนนเฉลี่ยของน้ำซุปรดหมู 2 ก่อน และหลังการปรับ.....	37
ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูต้นสำเร็จรูป.....	38
ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อคุณภาพ ของเนื้อหมู ต้น สำหรับ Response Surface Quadratic Model.....	40
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อคุณภาพ ของเนื้อหมู ต้น สำหรับ Response Surface Linear Model.....	40
ตารางที่ 4.8 สมการที่ทำนายได้จากการใช้วิธีพื้นผิวตอบสนองของแต่ละปัจจัย.....	45

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.9 การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมุดัน.....	46
ตารางที่ 4.10 ผลที่ได้จากการทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง.....	47
ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์หมุดันทั้ง 13 สูตร.....	48
ตารางที่ 4.12 ข้อมูลทั่วไปของเซฟและผู้เชี่ยวชาญต่อผลิตภัณฑ์หมุดันสำเร็จรูป.....	50
ตารางที่ 4.13 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพด้านต่างๆของหมุดัน สำเร็จรูป.....	52
ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หมุดันสำเร็จรูป.....	53
ตาราง ข.1 การตั้งค่าของ TA-XT Plus setting : สำหรับเนื้อหมุดัน.....	71
ตาราง ค.1 รายชื่อเซฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารที่ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์หมุดัน สำเร็จรูป.....	75
ตารางที่ จ.1 แสดงข้อมูลผู้เข้าร่วมทดสอบ.....	77
ตารางที่ จ.1.1 ข้อมูลทัศนคติความคิดเห็นจำนวน(คน)และร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง.....	78
ตารางที่ จ.2 ความพอดีของผลิตภัณฑ์น้ำซุปรสหมูสูตรมาตรฐานที่แตกต่างกัน 3 สูตร (ผู้ทดสอบ 50 คน) หน่วยเป็นจำนวนคน (ร้อยละ).....	80

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 ตำแหน่งของชั้นเนื้อสุกร.....	7
ภาพที่ 4.1 ร้อยละความพอดีของน้ำซุปลูสุกรที่ 1 และ 2.....	34
ภาพที่ 4.2 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าความสว่างของเนื้อ หมูตุ๋น.....	41
ภาพที่ 4.3 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าสีแดงของเนื้อหมูตุ๋น.....	41
ภาพที่ 4.4 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าสีเหลืองของเนื้อหมู ตุ๋น.....	41
ภาพที่ 4.5 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าความแข็งของเนื้อหมู ตุ๋น.....	42
ภาพที่ 4.6 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ของเนื้อหมูตุ๋น.....	42
ภาพที่ 4.7 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของ อุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าร้อยละการสูญเสีย น้ำหนักของหมูตุ๋น.....	43
ภาพที่ 4.8 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าความชุ่มของน้ำซุปลู หมูตุ๋น.....	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การปรุงอาหาร โดยการตุ๋นเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม ทั้งในประเทศแถบอเมริกาและยุโรป หรือแม้แต่เอเชียอย่างประเทศไทยและสิงคโปร์ เป็นต้น วัตถุดิบที่นำมาใช้มีความหลากหลาย โดยเฉพาะเนื้อสัตว์เช่น หมู วัว ไก่ และแกะ โดยชิ้นส่วนของวัตถุดิบที่นำมาใช้นั้น ส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนที่มีความเหนียว เช่น ส่วนหัวไหล่ น่อง ขาหลัง ฟันท้อง เป็นต้น วัตถุดิบส่วนใหญ่จะนำมาให้ความร้อนในน้ำซุปรหรือน้ำซุปรที่มีส่วนของเครื่องเทศเป็นระยะเวลาอันยาวนานจนเนื้อมีความนุ่ม วิธีดังกล่าวทำให้ส่วนผสมในน้ำซุปรกระจายเข้าไปในวัตถุดิบอาหาร กลิ่นรสของอาหารที่ได้จึงมีความน่ารับประทาน อีกทั้งมีรสชาติที่ดี อย่างไรก็ตามการตุ๋นเป็นวิธีการทำอาหารแบบ Slow cooking คือใช้เวลานานในการทำ เมื่อเทียบกับวิธีการอบ ต้ม หรือทอด เช่น การอบขาแกะที่ใช้เวลาเพียง 15 นาที แต่การตุ๋นต้องใช้เวลารั้ง 1 ชั่วโมง 30 นาที (จางงัก, 2551) จึงทำให้ไม่สะดวกในธุรกิจอาหารและการบริการที่ต้องการความรวดเร็วและคุณภาพที่มีความสม่ำเสมอ

สำหรับเนื้อสัตว์นั้น กระบวนการตุ๋นส่งผลให้เนื้อสัตว์เกิดการเปลี่ยนแปลงทางคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี โดยความร้อนทำให้เส้นใยคอลลาเจนเกิดการสลายตัวและเปลี่ยนเป็นเจลาติน ทำให้เนื้อสัตว์เนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น นอกจากนี้โปรตีนไมโอไฟบริลลาเกิดการเสียสภาพและหดตัวทำให้น้ำและสารละลายภายในเนื้อสัตว์ไหลออกมาภายนอกเส้นใยกล้ามเนื้อ จึงทำให้น้ำหนักของชิ้นเนื้อลดลง (Pearce et al., 2011) โปรตีนเกิดการรวมตัวและตกตะกอนทำให้มีความชุ่ม อีกทั้งความร้อนทำให้ไมโอโกลบินสูญเสียสภาพธรรมชาติ (Christensen, 2011)

เมนูอาหารตุ๋นเป็นเมนูที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค เช่น ก๋วยเตี๋ยวหมูตุ๋น หมูตุ๋นยาจีน เป็นต้น แต่มีการใช้ระยะเวลาที่นาน เนื่องจากเชฟและผู้ปรุงอาหารไม่มีการกำหนดระยะเวลาที่แน่นอน ข้อมูลจากการสอบถามผู้ผลิตและเชฟผู้เชี่ยวชาญ พบว่ากระบวนการตุ๋นส่วนใหญ่ใช้เวลาข้ามคืน ดังนั้นการกำหนดสถานะที่เหมาะสมในการตุ๋นจะช่วยให้สามารถกำหนดระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ยังอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ โดยทราบระยะเวลาในการแปรรูปที่แน่นอน เป็นการประหยัดเวลาและประหยัดพลังงานอีกทางหนึ่ง

เมนูอาหารต้นที่คนไทยให้การยอมรับอย่างแพร่หลาย และสามารถผลิตได้ในปริมาณมาก ๆ หมูต้นจึงเป็นเมนูที่น่าสนใจสำหรับธุรกิจการจัดและบริการอาหาร ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกหาสูตรน้ำซุบที่ใช้ในการผลิตหมูต้น การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำเมนูหมูต้นสำเร็จรูป โดยการพิจารณาคุณสมบัติเชิงกายภาพ และการยอมรับของผลิตภัณฑ์เมนูหมูต้นของผู้บริโภค เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป และศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป เพื่อต่อยอดการนำไปใช้ในธุรกิจการจัดและบริการอาหารได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อคัดเลือกและปรับปรุงสูตรน้ำซุบที่ใช้ในการผลิตหมูต้นสำเร็จรูป
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลของสภาวะในการต้นต่อสมบัติเชิงกายภาพ และการยอมรับของผลิตภัณฑ์
- 1.2.3 เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมูต้นสำเร็จรูป
- 1.2.4 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้คัดเลือกสูตรน้ำซุบที่ใช้ในการทดลอง โดยคัดเลือกจากสูตรและกรรมวิธีการผลิตหมูต้นทั่วไปที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและปรับปรุงสูตรเพื่อนำมาใช้ทำน้ำซุบ ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทและคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหมูต้นสำเร็จรูป รวมถึงการศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป โดยการเก็บรักษานาน 0-15 วัน

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตุ๋น

การตุ๋น (stewing) คือ การปรุงอาหารด้วยความร้อนในของเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดเป็นเวลานานในภาชนะปิดสนิท โดยทั่วไปการตุ๋นเป็นการนำเนื้อสัตว์มาทำการตัดแต่งและหั่นเป็นชิ้นให้มีลักษณะเป็นก้อนชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปเคี่ยวในน้ำซุปหรือไวน์ โดยอาจมีการใส่ผักเพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นรส เช่น หอมหัวใหญ่ และแครอท หรือมีการใส่เครื่องเทศเพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นหอม เช่น กระเทียมและพริกไทย จากนั้นนำไปเคี่ยวช้า ๆ ในหม้อที่ปิดสนิท เมื่อเนื้อเปื่อยนุ่มอาจปรุงรสด้วยเกลือ ซอสถั่วเหลือง หรือแอลกอฮอล์ เช่น บรั่นดี หรือไวน์ (Aidells and Kelly, 1998) โดยทั่วไปอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวจะอยู่ในช่วง 80-85 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ในกรณีของเนื้อหมู การให้ความร้อนที่อุณหภูมิใจกลางของเนื้อหมูไม่ต่ำกว่า 75 องศาเซลเซียส สามารถทำลายเชื้อพยาธิได้ (Butsch, 1983) การตุ๋นเป็นการใช้อุณหภูมิในระดับพาสเจอร์ไรซ์ในลักษณะการใช้อุณหภูมิต่ำเวลานาน ซึ่งส่งผลให้คอลลาเจนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นเจลาตินและเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวและคลายตัวตามลำดับ เส้นใยของเนื้อสัตว์จึงเปื่อยและนุ่มขึ้น (Aidells and Kelly, 1998) นอกจากนี้วิธีการปรุงอาหารและอุณหภูมิที่เหมาะสม ยังช่วยรักษาหรือเพิ่มรสชาติให้กับอาหารให้ดียิ่งขึ้น โดยวิธีการและอุณหภูมิที่ใช้สำหรับการแปรรูปอาหารในลักษณะต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 Meat cooking methods and temperatures

Cooking medium	Cooking temperature	Heat transfer
Dry air (roast,baking)	Up to 200 °C (392°F)	Fair
Water (stewing,braising)	Up to 100 °C (212°F)	Good
Water under pressure	100-125°C (212-257°F)	Good
Moist or saturated air (steaming)	Up to 100 °C (212°F)	Very good, because of latent heat from condensing steam
Moist or saturated air under pressure (retorting)	100-125°C (212-257°F)	Very good, because of latent heat from condensing steam
Fat or oil (frying)	150-190°C (302-374°F)	Very good
Metal	Up to 200 °C (392°F)	Good at points of contact
Radiation		Otherwise as air
Grilling	Depends on conditions	Very Good
Microwave	Temperature reached depends upon the energy input; is not usually above 100 °C (212°F)	Very Good

ที่มา: Ranken (2000)

จากตารางที่ 2.1 พบว่ามีวิธีการที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่อาหารที่หลากหลาย ซึ่งแต่ละวิธีมีความแตกต่างกันที่อุณหภูมิที่ใช้และความสามารถในการถ่ายเทความร้อนในระดับที่แตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบแต่ละชนิดจึงมีความสำคัญโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2.2 เนื้อสุกร

เนื้อสุกร (pork) หรือเนื้อหมู ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของเนื้อแดง (red meat) ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นิยมนำมาบริโภคเนื่องจากเนื้อหมูมีรสชาติที่ดี กลิ่นไม่รุนแรง หาชื้อได้ทั่วไป มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง เป็นแหล่งสำคัญของโปรตีน และเหมาะสำหรับการนำมาแปรรูปเป็นอาหารและผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย โดยทั่วไปเนื้อหมูจะมีความเหนียวที่น้อยกว่าเนื้อโค เนื่องจากเนื้อหมูมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่น้อยกว่า จึงทำให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าเนื้อโค การเลือกซื้อเนื้อหมูที่มีคุณภาพที่ดี

สามารถดูจากลักษณะของเนื้อที่จะมีความเนียนแน่นและมีสีชมพูอ่อน มีไขมันสีขาว กระจุกเล็ก
 หนึ่งหมูเรียบเนียน เนื้อหมูนิยมนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายวิธี เช่น การย่าง การทอด
 การผัด การอบ การต้ม การตุ๋น เป็นต้น (สุทิษา, 2555)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในกล้ามเนื้อ ประกอบด้วยเส้นใยของโปรตีน ได้แก่ คอลลาเจน (Collagen)
 และอีลาสติน (Elastin) โดยอีลาสตินมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน ปฏิกริยาของด่าง และเอนไซม์ จึง
 ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อปรุงอาหาร (Purslow, 2005) แตกต่างจากคอลลาเจน เมื่อให้ความร้อน
 คอลลาเจนจะเปลี่ยนเป็นเจลาติน ส่งผลทำให้เนื้อสัตว์มีความนุ่มเพิ่มขึ้น แต่เนื้อสัตว์แต่ละตำแหน่ง
 จะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ไม่เท่ากัน จึงทำให้ความเหนียวของเนื้อสัตว์แต่ละตำแหน่งต่างกัน จึง
 ทำให้การใช้เวลาในการทำที่ไม่เท่ากัน แต่การหั่น หรือตัดแต่งเนื้อให้มีขนาดเล็กลงก็สามารถช่วย
 ย่นระยะเวลาในการหุงต้มให้สั้นลงได้ (ประชา และอรวิวิท, 2519)

ในขั้นตอนการปรุงนั้น เนื้อหมูจะต้องผ่านกระบวนการปรุงให้สุกทั่วทั้งชิ้น เนื่องจากในเนื้อหมู
 อาจมีพยาธิ *Trichinella spiralis* ซึ่งทำให้เกิดโรคทริคิโนซิส (trichinosis) ในคน (ประชาและอร
 วิวิท, 2519) ดังนั้นจึงควรใช้กระบวนการปรุงที่ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงและระยะเวลาที่นาน แต่จะมีผล
 ทำให้ความชุ่มชื้นในเนื้อหมุลดต่ำลง เนื่องจากสูญเสียน้ำ อย่างไรก็ตามการปรุงเนื้อหมูด้วยอุณหภูมิ
 ที่เหมาะสมจะช่วยลดการสูญเสียน้ำได้ (ศิริลักษณ์, 2522)

2.2.1 ตำแหน่งของชิ้นเนื้อ

ตำแหน่งของชิ้นเนื้อสามารถแบ่งได้ตามสัดส่วนของกล้ามเนื้อได้แก่ กล้ามเนื้อส่วนของ
 หัวไหล่ (shoulder) เนื้อส่วนสัน (loin) เนื้อ สะโพก (round) และเนื้อส่วนท้อง (belly)
 (Aidells and Kelly, 1998) ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 2.1 โดยเนื้อแต่ละส่วนจะมีคุณลักษณะที่
 แตกต่างกัน เช่น เนื้อส่วนสัน แบ่งออกเป็นเนื้อส่วนสันในและสันนอก เนื้อส่วนสันในเป็นเนื้อส่วน
 ที่นุ่มที่สุดของหมู ซึ่งมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นหมู 1 ตัวจะมีสันในเพียง 2 เส้นเท่านั้น จึงทำให้เนื้อส่วน
 นี้มีราคาค่อนข้างสูงกว่าส่วนอื่นๆ โดยเนื้อส่วนนี้ไม่จำเป็นต้องหมักเพราะเนื้อมีความนุ่มอยู่แล้ว
 เนื้อส่วนสันในเป็นเนื้อส่วนที่มีแดงค่อนข้างเยอะไม่มีไขมันหรือเอ็นแทรก จึงสามารถทำได้หลาย
 หลายเมนู ไม่ว่าจะเป็น ต้ม ผัด และทอด แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ เนื้อสันในเป็นเนื้อส่วนที่มีเนื้อแดง
 เยอะ จึงไม่ควรใช้ความร้อนนานเกินไปเพราะจะทำให้เนื้อยุ่ย เนื้อส่วนนี้จึงไม่เหมาะสำหรับการทำ
 เมนู ตู๋น ต้ม หรือ อบ ที่ใช้ความร้อนเป็นระยะเวลานานๆ (สุทิษา, 2555)

ส่วนเนื้อส่วนสันนอกนั้น เป็นเนื้อส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่าเนื้อส่วนสันในมากที่มีขนาดเล็กยาวไปตั้งแต่หัวไหล่จนถึงสะโพก เนื้อส่วนนี้มีความนุ่ม มีไขมันอยู่รอบ และราคาถูกกว่าเนื้อสันในมากจึงได้รับความนิยมนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายเมนู โดยเฉพาะสเต็ก เนื้อส่วนหัวไหล่ เป็นเนื้อส่วนที่มีพังคืดและมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ จึงมีความเหนียวเล็กน้อยเหมาะสำหรับเมนูต้ม ตุ่น หรือย่าง (สุทิชา, 2555)

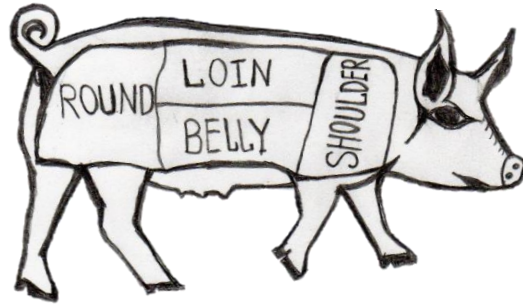
เนื้อส่วนสะโพก เป็นเนื้อที่มีความเหนียวมากที่สุดเนื่องจากเป็นส่วนที่มีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอด จึงไม่ค่อยมีไขมันแทรกอยู่ในกล้ามเนื้อ แต่จะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและกล้ามเนื้ออยู่ค่อนข้างมาก แต่เนื้อส่วนขาด้านนอกจะมีไขมันหนา การปรุงที่เหมาะสม คือการต้มหรือการเคี่ยวที่ใช้ระยะเวลา นาน เพื่อให้เนื้อหมูมีความเปื่อยนุ่มและมีรสชาติที่ดีขึ้น (สุทิชา, 2555)

เนื้อส่วนสุดท้าย คือเนื้อส่วนสามชั้นจนถึงพื้นที่ท้อง เป็นเนื้อส่วนที่มีลักษณะเนื้อสลับไขมัน โดยเป็นเนื้อส่วนที่มีไขมันมากที่สุดประกอบด้วย ชั้นผิวหนัง ชั้นไขมัน และชั้นเนื้อ โดยเนื้อส่วนนี้สามารถนำไปทอดให้กรอบ หรือนำไปตุ๋นให้เปื่อยนุ่ม (สุทิชา, 2555)

นอกจากนี้กล้ามเนื้อแต่ละส่วนจะมีองค์ประกอบทางเคมี ในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส อย่างความนุ่ม ความชุ่มชื้น ที่แตกต่างกัน (เขวาลักษณ์, 2536) ทำให้การนำไปใช้ในการทำอาหารจึงต้องเลือกตำแหน่งเนื้อที่เหมาะสมไปใช้ในเมนูอาหารต่างๆ (สุทิชา, 2555) เช่น เนื้อส่วนสันมีความนุ่มสูง ปริมาณไขมันน้อยจึงเหมาะสำหรับเมนูอย่างสเต็กที่ใช้ความร้อนน้อย หรือเนื้อส่วนสะโพกที่มีความนุ่มน้อยกว่าเนื้อส่วนสันจึงเหมาะในการทำเมนูอย่าง การต้มหรือการตุ๋น ที่ใช้ระยะเวลาการปรุงเพื่อทำให้เนื้อส่วนนั้นนุ่มขึ้น

2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเนื้อสุกร

จากภาพที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของตำแหน่งชิ้นเนื้อหมู ซึ่งประกอบด้วย เนื้อส่วนสัน (loin) หัวไหล่ (shoulder) เนื้อสะโพก (round) และเนื้อส่วนท้อง (belly) ทั้งนี้ชิ้นเนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน องค์ประกอบที่แตกต่างกัน จึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.2 และในเนื้อหมู 100 กรัมมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเนื้อสุกรแสดงดังตารางที่ 2.3



ภาพที่ 2.1 ตำแหน่งของชิ้นเนื้อสุกร

ที่มา : ดัดแปลงจาก The complete meat cookbook (1998)

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงตำแหน่งลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ของเนื้อหมูและองค์ประกอบทางเคมี

ตำแหน่ง	ลักษณะ	การนำไปใช้ประโยชน์	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)
หัวไหล่	เป็นเนื้อส่วนที่มีพังศืดและมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ	เป็นเนื้อที่เหมาะสมสำหรับประกอบอาหารประเภท ต้ม ตุ่น และเนือบด	น้ำ 52.00 ไขมัน 33.00 โปรตีน 14.40 เถ้า 0.80

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ตารางแสดงตำแหน่งลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ของเนื้อหมูและองค์ประกอบทางเคมี

ตำแหน่ง	ลักษณะ	การนำไปใช้ประโยชน์	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)
เนื้อสัน	เป็นเนื้อส่วนที่นุ่มที่สุด ประกอบด้วยเนื้อแดงจึงทำให้ไม่จำเป็นต้องหมัก ก็มีควมนุ่ม	เป็นเนื้อที่เหมาะสมสำหรับการนำไปทอดอย่างและอบ	น้ำ 63.00
			ไขมัน 18.10
			โปรตีน 17.90
			เถ้า 1.00
สะโพก (Round)	มีกล้ามเนื้อที่มีลักษณะเนื้อแข็งเหมาะสำหรับคนที่กำลังลดไขมัน เพราะเป็นส่วนที่มีไขมันน้อย	เนื้อส่วนที่นำไปตุ๋น สตู และหมูฝอย	น้ำ 60.00
			โปรตีน 17.20
			ไขมัน 22.00
			เถ้า 0.80
ท้อง (Belly)	เนื้อส่วนที่มีไขมันและกล้ามเนื้อแบ่งเป็นชั้นๆ โดยมีชั้นผิวหนังชั้นไขมันชั้นเนื้อหรือที่เรียกว่าหมูสามชั้น	เนื้อส่วนที่เหมาะสมนำไปแปรรูปเป็นเบคอน ต้มหรือตุ๋น	น้ำ 47.25
			ไขมัน 37.00
			โปรตีน 13.90
			เถ้า 1.85

ที่มา: ชัยณรงค์, 2529; เยาวลักษณ์, 2536

ตารางที่ 2.3 พลังงานที่ได้รับจากเนื้อสุกร 100 กรัม (108 กิโลแคลอรี)

สารอาหาร	จำนวน	หน่วย
น้ำ	75.8	กรัม
โปรตีน	19.6	กรัม
ไขมัน	3.3	กรัม
เถ้า	0.9	กรัม
แคลเซียม	2	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1 (ไทอะมีน)	0.69	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2 (ไรโบฟลาวิน)	0.26	มิลลิกรัม
วิตามินบี 3 (ไนอะซิน)	3.7	มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ, 2544

2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อสัตว์เมื่อได้รับความร้อน

เนื้อสัตว์ เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพตามกระบวนการที่แตกต่างกัน การใช้ความร้อนแบบต่างๆ เช่น การต้ม การตุ๋น การนึ่ง การอบ หรือการทอด มีปัจจัยของอุณหภูมิกับเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ส่งผลให้เนื้อสัตว์เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยความร้อนจะส่งผลให้โปรตีนในกล้ามเนื้อสูญเสียสภาพธรรมชาติ ส่วนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีคอลลาเจน เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นเจลาตินส่งผลให้เนื้อสัตว์มีความนุ่ม (ประชา และอรวินท์, 2519)

ความร้อนส่งผลต่อ โปรตีนไมโอไฟบริลลาที่อยู่ในเส้นใยกล้ามเนื้อ ที่เป็นโมเลกุลของโปรตีน แอคตินและไมโอซิน โดยที่จะเริ่มเกิดการเปลี่ยนที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อสัตว์ที่ได้รับความร้อนเริ่มเกิดการหดตัว และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โปรตีนเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน และสูญเสียสภาพธรรมชาติ โดยที่การหดตัวนั้นจะขึ้นอยู่กับโปรตีนไมโอไฟบริลลา เนื่องจากน้ำที่อยู่ในกล้ามเนื้อจะถูกจัดเก็บอยู่ภายในโปรตีนแอคตินและไมโอซินที่เป็นโมเลกุลของโปรตีน

ไมโอไฟบริลลา โดยที่อุณหภูมิความร้อนที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส จะทำให้เส้นใยของกล้ามเนื้อหดตัวตามแนวขวาง และที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส เส้นใยกล้ามเนื้อจะหดตัวตามแนวยาว เมื่ออุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส การหดตัวจะเพิ่มจนเกือบเป็นเส้นตรง การหดตัวของกล้ามเนื้อจะก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำในเส้นใยกล้ามเนื้อ เนื่องจากกล้ามเนื้อหดตัวลง น้ำที่อยู่ในกล้ามเนื้อก็จะถูกบีบให้ออกมาสู่ภายนอกกล้ามเนื้อ และจะสูญเสียน้ำมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้น (Baldwin, 2012)

นอกจากนี้ น้ำในกล้ามเนื้อที่ไหลออกมายังมีองค์ประกอบของโปรตีนซาร์โคพลาสมิก เอนไซม์ และรงควัตถุไมโอโกลบิน คือ สารที่ให้สีแดงในเนื้อสัตว์ ซึ่งโปรตีนซาร์โคพลาสมิกเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำ ต่างจากโปรตีนไมโอไฟบริลลาหรือคอลลาเจนที่ไม่ละลายในน้ำแต่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน ดังที่กล่าวมาในข้างต้น โดยโปรตีนซาร์โคพลาสมิกจะเริ่มขยายตัวที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อน ทำให้โปรตีนที่อยู่ในเส้นใยกล้ามเนื้อละลายออกมากับน้ำออกสู่ภายนอกกล้ามเนื้อและจับตัวกันเป็นก้อนเกิดเป็นตะกอนจะเสร็จสิ้นกระบวนการที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส (Baldwin, 2012)

ในอุตสาหกรรมอาหารและการบริการ ตะกอนของโปรตีนที่อยู่ในน้ำซุ้จะถูกคัดออกหรือกรองออก เพราะโปรตีนที่ออกมาจะทำให้น้ำซุ้ข้นคูลไม่น่ารับประทาน การกรองจะช่วยดักจับตะกอนของโปรตีนที่ละลายออกมากับน้ำซุ้ ทำให้น้ำซุ้ที่ได้ดูใสขึ้นและน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้รงควัตถุไมโอโกลบินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนไปเป็นฮีโมโครมจะทำให้เนื้อสัตว์มีสีน้ำตาล (Baldwin, 2012) และเนื่องจากไมโอโกลบินสามารถละลายน้ำได้ เมื่อให้ความร้อน ไมโอโกลบินละลายออกมากับน้ำมากๆ จะทำให้เนื้อสัตว์มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และค่าสีแดงลดลง แต่ถ้าได้รับความร้อนเป็นระยะเวลาานานเกินไป จะทำให้เนื้อสัตว์มีสีซีด คูลไม่น่ารับประทาน ซึ่ง ฉัฐพล (2561) ทำการศึกษาการใช้การให้ความร้อนในสภาวะสูญญากาศ หรือที่เรียกว่าการซูวีด (Sous-vide) และทำร่วมกับความดันเพื่อการผลิตเนื้อออกไก่อนุ่มสำหรับผู้สูงอายุ พบว่า เมื่อให้ความร้อนและระยะเวลาเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เนื้อออกไก่อมีค่าความสว่างมากขึ้น และค่าสีแดงลดลง นอกจากนี้พบว่า เมื่อทำการซูวีดโดยให้ความร้อนต่ำเป็นระยะเวลาานานทำให้เนื้อออกไก่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนที่อยู่ในเส้นใยกล้ามเนื้อละลายออกมากับน้ำออกสู่ภายนอกกล้ามเนื้อ และจับตัวกันเป็นก้อนเกิดเป็นตะกอนของโปรตีน ซึ่งสอดคล้องกับที่ได้กล่าวมาข้างต้น

2.3.1 คุณลักษณะทางกายภาพ

2.3.1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัส (texture) หมายถึง คุณสมบัติของอาหารทางกายภาพที่มีค่าการตอบสนองของการสัมผัสของวัสดุที่มีแรงต้านทาน โดยในกรณีของผลผลิตทางการเกษตรและอาหารจะมีค่าการตอบสนองเป็นแรงเชิงกล เช่น แรงที่เกิดจากการกดทับหรือทับซ้อนกันของผักและผลไม้ แรงจากการกระแทก แรงจากการสัมผัสด้วยมือ แรงที่เกิดจากการบดหรือเคี้ยวอาหาร และแรงที่เกิดจากการแปรรูปอาหารที่เกิดจากเครื่องจักรที่มีผลต่อส่วนผสมของอาหารเป็นต้น ตัวอย่างของค่าที่เกิดจากเนื้อสัมผัสของอาหารและผลผลิตทางการเกษตรมีดังนี้ ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าความยืดหยุ่น (elasticity) ค่าความนุ่ม (tenderness) ค่าความเหนียว (toughness) ค่าการเกาะตัวกันเอง (cohesiveness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) ค่าการเคี้ยว (chewiness) เป็นต้น การนำค่าเนื้อสัมผัสไปใช้นั้นก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติอาหารและปัจจัยในการผลิตอาหารชนิดนั้นๆ ว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นหรือไม่ วิธีที่นิยมใช้ คือ การวิเคราะห์ลักษณะของเนื้อสัมผัส (texture profile analysis, TPA) ซึ่งการวัดด้วยวิธีนี้จะบ่งบอกค่าเนื้อสัมผัสได้หลายอย่าง เช่น ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะตัวกันเอง (cohesiveness) ค่าความเค็ง (springiness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) และค่าการเคี้ยว (chewiness) โดยมีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเซนติเมตร การเลือกใช้วิธีในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ ควรเลือกใช้ให้เหมาะสม เพื่อให้ค่าที่ได้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด (ดัดแปลงจาก ปานมนัส, 2559)

2.3.1.2 สารสีในอาหาร

สี เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการประเมินคุณภาพของอาหารทางประสาทสัมผัส เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่พิจารณาคุณภาพจากการมองเห็นสีของอาหารเป็นอันดับแรก สำหรับสารสีธรรมชาติที่พบอยู่ในเนื้อสัตว์ เรียกว่า ไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งจัดเป็นฮีมโปรตีน (heme protein) ซึ่งมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความร้อน รังควัตถุไมโอโกลบินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นฮีม โครม จะทำให้เนื้อสัตว์มีสีน้ำตาล และเมื่อใช้ความร้อนเป็นเวลานานๆ รังควัตถุไมโอโกลบินจะละลายออกมากับน้ำ จะทำให้เนื้อสัตว์มีค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้นและค่าสีแดงลดลง และเมื่อได้รับความร้อนเป็นระยะเวลาานเกินไป จะทำให้เนื้อสัตว์มีสีซีดดูไม่น่ารับประทาน ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (นิธิยา, 2544)

2.3.1.3 ค่าความขุ่น

ความขุ่น (turbidity) หมายถึง ภาวะที่ของไหลที่มีความขุ่นหรือมัวเพราะได้รับการปนเปื้อนจากอนุภาคต่าง ๆ หรือสารแขวนลอยหลายขนาด โดยที่อาจมองเห็นหรือมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า โดยใช้วิธีวัดค่ามาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งเป็นตัวชี้วัดในการทดสอบคุณภาพของตัวอย่างในน้ำหรือของไหลอื่นๆ

ของไหลสามารถมีวัตถุแขวนลอยอยู่ได้ ซึ่งอาจประกอบจากอนุภาคที่มีขนาดแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในของไหลชนิดนั้นว่ามีสิ่งใดเป็นองค์ประกอบ ซึ่งกรณีของเหลวมีวัตถุแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักรวมมากวัตถุนั้นก็จะมีมวลอย่างรวดเร็วสู่ก้นภาชนะเรียกว่าการตกตะกอน ในขณะที่เดียวกันอนุภาคที่เล็กมากจะค่อยๆ จมลงหรือไม่จมลงเลยถ้าของเหลวนั้นได้รับการสนับสนุนเป็นประจำหรืออนุภาคนั้นมีลักษณะเป็นคอลลอยด์ ของแข็งขนาดเล็กเหล่านี้ก็เป็นสาเหตุให้ของเหลวเกิดการขุ่นได้

2.3.1.4 ค่าการสูญเสียเสียน้ำหนัก

ค่าการสูญเสียเสียน้ำหนัก (cooking loss) เป็นการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงอาหารไม่ว่าจะเป็น น้ำ ไขมัน เกลือแร่ วิตามินต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหารที่เกิดจากการปรุงด้วยวิธีการต่างๆ เนื้อสัตว์เมื่อได้รับความร้อน เนื้อสัตว์จะเกิดการหดตัวเนื่องจากการเสียดสีของโปรตีน น้ำในเนื้อสัตว์จะถูกขับออกมาภายนอก ทำให้น้ำหนักมีขนาดหรือน้ำหนักที่ลดลง

2.4 น้ำซุป

น้ำซุป เป็นส่วนผสมสำคัญที่ใช้ในการปรุงอาหาร และเป็นส่วนประกอบของอาหารหลายเมนู น้ำซุปใสหรือเรียกว่าน้ำสต็อก (stock) ได้จากการเคี่ยวกระดูกสัตว์อย่าง กระดูกหมูสันหลังหมู ผัก และเครื่องเทศต่างๆพร้อมเครื่องปรุงรส เพื่อช่วยดึงกลิ่นรสของน้ำซุปให้มีรสชาติที่กลมกล่อม และเหมาะสมกับการนำไปใช้ในเมนูอาหารต่างๆ อย่างเช่น สตูหมู ก๋วยเตี๋ยวหมู ข้าวต้มหมู เป็นต้น เมนูต้มหรือตุ๋นมีน้ำซุปเป็นส่วนประกอบหลัก แม้แต่ในเมนูผัดก็ยังใช้น้ำสต็อกเพื่อช่วยดึงรสชาติของอาหารชนิดนั้นให้ออกมาได้มากขึ้น น้ำสต็อกมีคุณสมบัติที่ดีกว่าน้ำเปล่า เนื่องจากในน้ำสต็อกมีกลิ่นและรสชาติพิเศษที่ได้จากเกี่ยวสกัดวัตถุดิบชนิดต่างๆจึงทำให้อาหารมีรสชาติที่อร่อยยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำซุป ควรเลือกให้เหมาะกับเมนูอาหารที่ต้องการ เพื่อที่ได้ดึงรสชาติเมนูอาหารชนิดนั้นออกมาให้ได้มากที่สุด (บังอร และคณะ, 2551)

2.4.1 วัตถุดิบที่ใช้ในน้ำซุป

2.4.1.1 กระดูกสันหลังหมู (เล้ง)

เป็นหัวใจหลักของน้ำซุป เมื่อกระดูกสันหลังหมูได้รับความร้อน โปรตีนที่อยู่ในเนื้อและกระดูกจะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยโปรตีนซาร์โคพาสมิก วิตามิน และเกลือแร่ที่ละลายในน้ำจะออกมาในน้ำซุป หนึ่งในนั้น คือ กลูตามิก ที่ทำให้น้ำซุwmักกลิ่นหอมและมีรสชาติ น้ำซุปกระดูกหมูที่กลมกล่อม (บั้งอร และคณะ, 2551) นอกจากนี้กระดูกสันหลังยังมีส่วนที่เรียกว่า bone marrow ซึ่งมีวิตามิน เกลือแร่ และเป็นส่วนที่ทำให้กระดูกสันหลังหมูมีรสชาติ

2.4.1.2 หัวไชเท้า

เป็นพืชหัวที่อยู่ใต้ดิน มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก โดยได้รับความนิยมนอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการแปรรูปหรือการนำมาปรุงเป็นเมนูอาหารต่างๆ เพราะมีรสชาติหวานหอม จึงนิยมนำมาหั่นและเคี้ยวในน้ำซุปเพื่อเพิ่มรสชาติและกลิ่นของน้ำซุปให้หอมขึ้น (สุนีมาศ, 2553)

2.4.1.3 กระเทียม

กระเทียมเป็นเครื่องเทศที่สำคัญ เพราะช่วยเพิ่มกลิ่น และรสชาติของน้ำซุปให้มีความอร่อยและกลมกล่อมขึ้น นอกจากนี้กระเทียมยังมีสรรพคุณทางยา ช่วยบำรุงหัวใจ ลดไขมันในเส้นเลือด แก้อาการไข้หวัด ลดอาการจุกเสียดแน่นท้อง และโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ คนส่วนใหญ่จึงนิยมใส่กระเทียมลงไป ในน้ำซุป เพื่อเพิ่มกลิ่นรส และสรรพคุณทางยา (สุนีมาศ, 2553)

2.4.1.4 พริกไทยดำ

พริกไทยดำ คือ พริกไทยที่ไม่ได้รับการขัดสี จากนั้นนำมาตากแห้ง มีรสชาติเผ็ดร้อนและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว พริกไทยดำยังมีสรรพคุณทางยามากมาย ในตำราแพทย์แผนจีนนิยมนำพริกไทยมาเคี้ยวเป็นซุwm เพื่อรักษาโรคแก้อาการจุกเสียด แน่นเฟ้อ จากอาหารไม่ย่อย แก้อาการอ่อนเพลียทำให้รู้สึกสดชื่น และในอาหารยังช่วยทำให้ไม่เลี่ยนอีกด้วย (สุนีมาศ, 2553)

2.4.1.5 รากผักชี

รากผักชีเป็นเครื่องเทศที่มีน้ำมันหอมระเหย ช่วยให้น้ำซุwmักกลิ่นรสที่ดีขึ้น นอกจากนี้รากผักชียังมีสรรพคุณทางยาช่วยให้เจริญอาหาร ขับเหงื่อ และขับเสมหะ จึงได้รับความนิยมในการนำไปเป็นเครื่องเทศที่สำคัญในการทำซุwm เพราะช่วยให้เจริญอาหาร และทำให้อาหารไม่เลี่ยน (สุนีมาศ, 2553)

2.5 อันตรายทางชีวภาพที่พบในอาหาร

อันตรายทางชีวภาพ (Biological hazard) คือ อันตรายที่เกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิตที่ก่อให้เกิดผลไม่ดีต่อสุขภาพและร่างกายของมนุษย์ โดยส่วนใหญ่เชื้อที่ก่อโรคในอาหารจะเป็นเชื้อที่เกิดจากจุลินทรีย์ อาจเกิดจากการปนเปื้อนจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต หรืออาจเกิดขึ้นจากขั้นตอนในการผลิตอาหารในขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิตจากมนุษย์ เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากจุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหารจึงจำเป็นต้องทำลายเชื้อจุลินทรีย์เหล่านั้น (คมแข, 2559) โดยทั่วไปจะใช้ความร้อนในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ แบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ การให้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์ และการให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ (นิธิยา, 2544) สำหรับอาหารประเภทเนื้อสัตว์หรืออาหารปรุงสุกพร้อมรับประทานส่วนใหญ่อาจมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ เช่น *Bacillus cereus* , *Staphylococcus aureus* , *Salmonella spp.* , *Escherichia coli* , *Clostridium perfringens* , *Shigella spp.* , *Listeria monocytogenes* เป็นต้น (นิธิยา และวิบูลย์, 2553) โดยอาการของโรคประเภทของอาหารที่พบ และการป้องกัน จากเชื้อจุลินทรีย์ที่กล่าวมาข้างต้น อธิบายรายละเอียดไว้ใน ตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เชื้อก่อโรคในอาหารประเภทอาหารและการป้องกัน

เชื้อก่อโรคในอาหาร	อาหารที่พบ	การป้องกัน
<i>Bacillus Cereus</i>	เนื้อสัตว์ นม ผัก อาหารปรุงสุก	การให้ความร้อนที่อุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์ 63 องศาเซลเซียส 15 นาที
<i>Staphylococcus aureus</i>	พบในอาหารพร้อมบริโภค	เซลล์ของเชื้อไม่ทนความร้อนสามารถทำลายได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 15 นาที สารพิษสามารถทนความร้อนสูงกว่า

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) เชื้อก่อโรคในอาหารประเภทอาหารและการป้องกัน

เชื้อก่อโรคในอาหาร	อาหารที่พบ	การป้องกัน
<i>Staphylococcus aureus</i>		100 องศาเซลเซียสได้ จึงควรใช้วิธีการป้องกันและควบคุมสุขลักษณะของพนักงานในขั้นตอนการผลิตเพื่อป้องกันการปนเปื้อนในอาหาร
<i>Salmonella spp.</i>	พบในเนื้อสัตว์ ปีก หมู วัว ไก่ นำนม อาหารทะเล	เป็นเชื้อที่ไม่ทนต่อความร้อน สามารถทำลายได้ด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 4-5 นาที หรือ 100 องศาเซลเซียส 1 นาที
<i>Escherichia coli</i>	พบในเนื้อสัตว์ ผักสด หรืออาหารที่ปนเปื้อนจากอุจจาระหรือลำไส้ของสัตว์	สามารถฆ่าเชื้อได้ด้วยอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส 15 นาที
<i>Shigella spp.</i>	สลัด ผักดิบ นม เนื้อสัตว์ และอาหารพร้อมบริโภค	สามารถฆ่าเชื้อได้ด้วยอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์
<i>Clostridium perfringens</i>	เนื้อสัตว์ดิบ เครื่องเทศ สตู อาหารปรุงสุก	สามารถทำลายเชื้อได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
<i>Listeria monocytogenes</i>	อาหารพร้อมบริโภค ไข่กรอก อาหารทะเล นำนมดิบ	สามารถฆ่าเชื้อได้ด้วยอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์

ที่มา : นิธิยา และวิบูลย์, 2553

2.6 วิธีการพื้นที่ผิวตอบสนอง

วิธีการพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) เป็นการแสดงหรือตัวแทนทางเรขาคณิตที่ได้รับ เมื่อผลตอบสนองของตัวแปร (response) ที่ถูกสร้างขึ้นเป็นฟังก์ชันของตัวแปรเหล่านั้นจะถูกนำมาวางแผนด้วยเทคนิคทางสถิตินี้ จะใช้แผนภาพแบบคอนทัวร์ (contour Plot) ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้รับความสนใจ เช่น อุณหภูมิหรือเวลา ที่ใช้ในการทดลอง ผลที่ได้ในการหาความสัมพันธ์ คือ สามารถหาสูตรที่จะใช้ในการทดลองหรือหาสภาวะที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดลอง (optimization) จากที่กล่าวมาเมื่อเราวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่สนใจเหล่านั้นพร้อมกัน โดยต้องมีความรู้พื้นฐานในการวางแผนการทดลองเพื่อเลือกการวางแผนการทดลองและการออกแบบการทดลองที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์สมการถดถอย และ สร้างแผนภาพคอนทัวร์ (อนุวัตร, 2552)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวิธี RSM สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + E \dots \dots \dots$$

โดยที่ Y คือ ค่าการตอบสนอง (response) ซึ่งเป็นตัวแปรตาม และ X_1, X_2, \dots, X_k คือตัวแปรที่สนใจซึ่งเป็นตัวแปรต้น E คือ error term ของความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันของตัวแปร ซึ่งมักใช้สมการลำดับที่ 1 (first order model) หรือสมการลำดับที่ 2 (second order model) หรือสมการพหุนาม (polynomial model) เป็นตัวอธิบาย โดยวิธีการทางสถิติที่ใช้ คือ วิธีกำลังสองที่น้อยที่สุด (the least square method) เพื่อประมาณค่ามิเตอร์ต่างๆ

แผนภาพแบบอนุกรม (series) ที่มีเส้นหรือกราฟ ที่มีค่าที่แน่นอนและคงที่ และคงที่สอดคล้องกับระดับของปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไป แผนภาพคอนทัวร์นั้นมีหลายแบบสอดคล้องกับสมการถดถอยที่ตรวจสอบได้ เช่น mound-shaped, stationary ridge, rising ridge, saddle โดยแผนภาพคอนทัวร์ที่สร้างเป็นแผนภาพ 3 มิติ เรียกว่า surface plot (อนุวัตร, 2552)

2.6.1 การวางแผนการทดลองพื้นที่ผิวตอบสนอง

การวางแผนการทดลองแบบ RSM นิยมใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ขึ้นอยู่กับปัจจัยและข้อจำกัดที่จะเลือกใช้แบบจำลอง และตัวแปรต่าง ๆ ว่าเป็นตัวแปรที่ใช้ในขั้นตอนการพัฒนาสูตรหรือกรรมวิธี ในการวางแผนอย่างไร วิธีที่นิยมใช้เป็นการวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) ที่นิยมทำซ้ำที่ตรงกลางของระดับปัจจัย เพื่อใช้ในการประมาณความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ซึ่งการเพิ่มขึ้นจำนวนซ้ำจะส่งผลกระทบต่อค่า α ซึ่งอาจจะต้อง

เปลี่ยนไปตามจำนวนซ้ำ เพื่อให้สิ่งทดลองเป็นอิสระต่อกัน (Orthogonal) อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ มักจะกำหนดค่า α ก่อนแล้วจึงทำการทดลองซ้ำที่ตรงจุดกลาง $\alpha = 1$ ซึ่งแต่ละจุดของการทดลองที่เพิ่มขึ้นจะอยู่บนแต่ละด้านของลูกบาศก์ 2^3 แฟคทอเรียล, Design แบบนี้จะเรียกว่า Face-centered central composite design ซึ่งจะเห็นว่าจำนวนระดับในแต่ละปัจจัยจะน้อยลงไป ซึ่งจะช่วยลดจำนวนตัวอย่างในการทดลองเป็นอย่างมากทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดสอบ (อนุวัตร, 2549)

2.6.2 การหาค่าจุดหรือพื้นที่ที่เหมาะสม

สามารถหาได้โดยใช้ Desirability function ค่า Desirability เป็นค่าที่บอกถึงระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ค่า Desirability จะมีช่วงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่า Desirability จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของระดับความพึงพอใจ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าอยู่ในเกณฑ์ใด ตัวอย่างคะแนน Desirability จะแสดงความหมาย ตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของค่า Desirability กับระดับความพึงพอใจต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ค่า Desirability	ระดับความพึงพอใจ	คุณภาพของผลิตภัณฑ์
1.00	ดีที่สุด	มีความพึงพอใจและมีคุณภาพที่ดีที่สุดเกินกว่าจะปรับปรุงมากไปกว่าจุดนี้
1.00-0.80	ดีมาก	มีความพึงพอใจที่ดีที่สุดที่ยอมรับได้ และบ่งบอกถึงคุณภาพที่ดีที่สุดแต่เกินกว่าที่จะนำมาใช้ในการการค้าได้
0.80-0.63	ดี	มีความพึงพอใจที่ดี และสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพทางการค้าได้ดีที่สุด
0.63-0.37	น่าพอใจ	มีความพึงพอใจและคุณภาพอยู่ในระดับที่ยอมรับได้แต่ไม่ดี ต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น
0.37-0.20	แย่มาก	ไม่สามารถยอมรับได้เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ไม่มีคุณภาพจะนำไปสู่ความผิดพลาด
0.20-0.00	แย่มาก	ไม่สามารถยอมรับได้โดยสิ้นเชิง

ที่มา : คัดแปลงจาก Lazic, 2004

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Andre และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาการใช้อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลาานานที่มีผลต่อกล้ามเนื้อของสุกรในส่วนของกล้ามเนื้อ longissimus thoracis และ lumborum ร่วมกับการใช้น้ำ โดยการนำตัวอย่างเนื้อสุกรที่ตัดแต่งไขมันออกเรียบรื้อแล้วขนาด 14×11×5 เซนติเมตร มาห่อในอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปนึ่งในหม้อไอน้ำที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส และ 58 องศาเซลเซียส (ความชื้น 20%) เป็นเวลา 10, 20 และ 30 ชั่วโมง โดยเริ่มวัดจากอุณหภูมิแกนกลาง พบว่าค่าสีแดง a* ลดลง เมื่อให้ความร้อน และค่าการสูญเสียในการทำอาหารให้สุก (cooking loss) เพิ่มสูงขึ้น ที่เวลา 10 และ 20 ชั่วโมง ทั้งในอุณหภูมิ 53 และ 58 องศาเซลเซียส และคงที่ที่เวลา 20 และ 30 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นส่งผลต่อค่าความนุ่มของเนื้อสัตว์ ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียสพบว่า ค่าแรงเฉือนลดลงจนถึง 10 ชั่วโมงแรก และเมื่อให้ความร้อนนานกว่า 10 ชั่วโมงไม่พบการเปลี่ยนแปลงต่างจากที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนเป็นระยะเวลาานานค่าแรงเฉือนจะยิ่งลดลง และคงที่ที่เวลา 30 ชั่วโมง ทั้งในอุณหภูมิ 53 และ 58 องศาเซลเซียส มีค่าแรงเฉือนที่ใกล้เคียงกัน ค่าแรงเฉือนที่ลดลง หมายถึง ค่าแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อให้ขาด ยิ่งค่าแรงเฉือนต่ำชิ้นเนื้อก็จะยิ่งนุ่มตัดขาดได้ง่าย ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้เนื้อนุ่มที่สุดคือ อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียสที่เวลา 20 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังได้มีการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าความร้อนระดับนี้สามารถทำลายเชื้อก่อโรคได้ (ประมาณ 5 log 10 cfu/g) ซึ่งปลอดภัยต่อผู้บริโภค

Cao และ Gu (2013) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเหนียวของเนื้อและคุณสมบัติของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของเนื้อวัวนุ่ม โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิเป็นต่ำระยะเวลาานาน โดยตรวจสอบค่าความเหนียวของการละลายของคอลลาเจนในเนื้อและโปรตีนคาร์ทีซิน ที่อุณหภูมิระหว่าง 53 องศาเซลเซียส และ 63 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 19 ชั่วโมง 30 นาที พบว่าความเหนียวของเนื้อลดลงเนื่องจากได้รับอุณหภูมิต่ำระยะเวลาานาน ทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันบางส่วนเกิดจากการเปลี่ยนแปลงเกิดสลายตัวของคอลลาเจนกลายเป็นเจลาตินทำให้เนื้อวัวมีความนุ่มเพิ่มมากขึ้น

Li และคณะ (2016) ศึกษาทางสมบัติทางเคมีกายภาพที่มีผลต่อกรดไขมันของหมูขุนที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน โดยใช้เนื้อหมูส่วนพื่นท้อง หั่นชิ้นเนื้อขนาด 5×11 เซนติเมตร แบ่งออกเป็นสามกลุ่ม กลุ่มที่ 1 เก็บวัดค่าเป็นเนื้อดิบ กลุ่มที่ 2 นำเนื้อหมูไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ส่วนกลุ่มที่ 3 เป็นเนื้อหมูที่ไม่ได้นำไปทอด จากนั้นนำเนื้อในกลุ่มที่ 2 และ 3 มั่นหั่นให้มีขนาด 4×4×4 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำใส่ลงในหม้อตุ๋น โดยอัตราส่วนน้ำต่อ

เนื้อสัตว์ คือ 1:4 จากนั้นนำไปตุ๋นที่อุณหภูมิ 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที พบว่า เวลาในการปรุงอาหารที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อร้อยละของ ความชื้น โปรตีน และไขมันของ หมูตุ๋น นอกจากนี้เนื้อหมูที่ไม่ได้การทอดก่อนตุ๋นจะสูญเสียไขมันมากขึ้น และจากการวัดเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี TPA (texture profile analysis) พบว่า ความนุ่ม ความยืดหยุ่นที่เหมาะสมที่สุดคือเนื้อหมูที่ไม่ได้ผ่านการทอด และเกี่ยวเป็นระยะเวลา 150 นาที เนื้อหมูที่ไม่ได้ผ่านการทอดจะส่งผลให้เกิด ออกซิเดชันของไขมันได้เพิ่มขึ้นเมื่อเกี่ยวนาน 120 นาที

Girard และคณะ (2012) ศึกษากราฟแรงเฉือนของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (MF-SF) และ แรงเฉือนของ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน(CT-SF) ด้วยหัววัดแรงเฉือน(Warner-Bratzler shear force ,SF) โดยใช้เนื้อวัวส่วน สันสะโพก (Gluteus medius ,GM) และ เนื้อสะโพกด้านนอก (Semitendinosus ,ST) จากวัวพันธุ์ ลูกผสมทั้งหมดจาก 112 ตัวอย่าง โดยใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียล $2 \times 2 \times 2$ เพื่อหา ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของสัตว์ การใช้สารเร่งการเจริญเติบโตและสายพันธุ์ของวัว (พื้นบ้าน และต่างประเทศ) โดยมีโมเดลการวิเคราะห์แบบผสม ใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและการถดถอย พหุคูณแบบขั้นตอน เพื่อระบุความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน การวัดคุณภาพเนื้อและกรรมวิธีการ ผลิตเนื้อ พบว่าการกระจายของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของเนื้อสะโพกด้านนอกทำให้ SF เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับ อายุของสัตว์ และการใช้สารเร่งการเจริญเติบโต สำหรับเนื้อสันสะโพกจะขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ เพียงอย่างเดียว ส่วนการกระจายเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของเนื้อสันส่วนสะโพกด้านนอกทำให้แรงเฉือน เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ ส่วนวัวพันธุ์พื้นบ้านมีผลต่อเนื้อสันสะโพก การเปลี่ยนแปลงของ กราฟแรงเฉือนของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (MF-SF) และแรงเฉือนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน(CT-SF) เห็นได้ ชัด อธิบายได้โดยน้ำหนักของกล้ามเนื้อซึ่งเพิ่มขึ้นตามอายุของสัตว์ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลง ค่าแรงเฉือนของเนื้อสันสะโพกอธิบายได้จากค่าการสูญเสียน้ำหนักในการทำให้อสุก แสดงให้เห็น ว่าค่าแรงเฉือนของเนื้อสะโพกด้านนอกและเนื้อสันสะโพกมีผลกระทบมาจากเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน นอกจากนี้โปรตีน sarcoplasmic ยังมีบทบาททำให้เนื้อดีมีคุณภาพความคงตัว (เช่น โปรตีนกล้ามเนื้อละลายในน้ำหรือในสารละลายไอออนิกต่ำ) ส่วนใหญ่รวมตัวกันระหว่างอุณหภูมิ 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส

Laakkonen และคณะ (1970) ศึกษาความนุ่มของเนื้อที่อุณหภูมิต่างๆ โดยที่มีผลมาจากเอนไซม์ collagenase ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ ซึ่งยังทำงานได้ในขณะให้ความร้อนอย่างช้าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส แต่เมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เอนไซม์จะหยุดทำงาน ซึ่งการให้ความร้อนอย่างน้อย 6 ชั่วโมงส่งผลต่อความนุ่มของเนื้อ ใน ขณะเดียวกันน้ำจะสูญหายไป 25-30% (w/w)

Bendall และ Restall (1983) รายงานว่าในระหว่างการให้ความร้อน โปรตีนในเนื้อสัตว์ที่แตกต่างกันจะสูญเสียสภาพธรรมชาติแตกต่างกันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อสัตว์ เช่น การทำลายของเยื่อหุ้มเซลล์ การหดตัวตามขวาง และการหดตัวตามยาวของเส้นใยเนื้อสัตว์ การรวมตัวและการเกิดเจลของโปรตีน sarcoplasmic การหดตัวและการละลายของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน การหดตัวตามขวางของแกนไฟเบอร์เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ที่อุณหภูมิระหว่าง 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเปิดช่องว่างภายในเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อให้กว้างขึ้นมากกว่าเนื้อที่อยู่ในช่วงเกร็งตัว (rigor) ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเอนโดไมเซียมรอบข้าง

Hostetler และ Landman (1968) รายงานว่า ทั้งซาร์โคเมียและการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ มักจะเริ่มดันขึ้นที่อุณหภูมิ 40 ถึง 50 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เนื้อเยื่อและเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวแนวยาว การหดตัวจะเกิดเพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่งเป็นผลให้คอลลาเจนในกล้ามเนื้อ (ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน perimysial) หดตัวตามยาวที่ 64 องศาเซลเซียส (Mohr และ Bendall, 1969)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการงาน

3.1 วัสดุดิบ

3.1.1 เนื้อหมูส่วนสะโพก		จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.2 กระดูกสันหลังหมู		จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.3 รากผักชี		จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.4 กระเทียมไทย		จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.5 หัวไชเท้า		จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.6 น้ำตาลกรวด	ตราภูเขา	จาก ตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพมหานคร
3.1.7 น้ำมันรำข้าว	ตราคิง	จาก ที่อปัสชูปเปอร์มาร์เก็ต
3.1.8 พริกไทยดำ	ตรามือ	จาก ที่อปัสชูปเปอร์มาร์เก็ต
3.1.9 ผงพะโล้	ตราสติ	จาก ที่อปัสชูปเปอร์มาร์เก็ต
3.1.10 ซีอิ๊วขาว	ตราเด็กสมบูรณ์	จาก ที่อปัสชูปเปอร์มาร์เก็ต
3.1.11 ซีอิ๊วดำ	ตราวงเงียง	จาก ที่อปัสชูปเปอร์มาร์เก็ต
3.1.12 เกลือ	ตราปรุงทิพย์	จาก ที่อปัสชูปเปอร์มาร์เก็ต
3.1.13 ผงชูรส	ตราอายโนะโมโต้ะ	จาก ที่อปัสชูปเปอร์มาร์เก็ต
3.1.14 ผงปรุงอาหารรสหมู	ตราสติ	จาก ที่อปัสชูปเปอร์มาร์เก็ต
3.1.15 น้ำกรองจากระบบน้ำใช้ในห้องปฏิบัติการ		

3.2 อุปกรณ์ เครื่องมือ และอาหารเลี้ยงเชื้อ

- 3.2.1 ถังพลาสติกชนิด Laminate low density polyethylene (LLDPE)
- 3.2.2 เครื่องปิดผนึก (CHAMP, รุ่น 300, ประเทศไทย)
- 3.2.3 Hot plate (EGO, รุ่น 18715, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.4 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ Water bath (Memmert, รุ่น WN87, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.5 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบมือถือ (UN-305 A,K Type thermocouple, ประเทศญี่ปุ่น)

- 3.2.6 ตู้เย็น (Haier, รุ่น HCF368H-2, ประเทศจีน)
- 3.2.7 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, รุ่น BP3100S, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.8 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave, รุ่น Hiclvetm, ประเทศญี่ปุ่น)
- 3.2.9 เครื่องวัดค่าสี (Konica Minolta, รุ่น CR 400, ประเทศญี่ปุ่น)
- 3.2.10 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, รุ่น TA-XT Plus, ประเทศอังกฤษ)
- 3.2.11 เครื่องวัดความขุ่น (Lovibond, รุ่น Therbichek, ประเทศเยอรมัน)
- 3.2.12 เครื่องตีปั่นอาหาร (Stomacher, รุ่น AES Laboratoire, ประเทศฝรั่งเศส)
- 3.2.13 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator, รุ่น Memmert be 500, ประเทศญี่ปุ่น)
- 3.2.14 อาหารเลี้ยงเชื้อ Total plate count (TPC) agar (ยี่ห้อ Difco BBL, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 3.2.15 จานเลี้ยงเชื้อ
- 3.2.16 ปิเปต
- 3.2.17 หลอดทดลอง
- 3.2.18 กระจกตวง
- 3.2.19 น้ำกลั่น
- 3.2.20 เครื่องครัว

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การคัดเลือกและปรับปรุงสูตรน้ำซุบที่ใช้ในการคั่ว

ทำการคัดเลือกสูตรน้ำซุบ โดยคัดเลือกสูตรและวิธีการเตรียมน้ำซุบ จากสูตรมาตรฐานที่ใช้โดยทั่วไปจากตำรับอาหารจำนวน 3 สูตร โดยแต่ละสูตรมีส่วนประกอบและปริมาณต่างๆ แสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งมีวิธีการเตรียมน้ำซุบในแต่ละสูตรดังนี้

วิธีเตรียมน้ำซุบสูตรที่ 1 เริ่มจากล้างกระดุกสันหลังหมูให้สะอาด ใส่งในหม้อที่บรรจุ น้ำในปริมาณที่กำหนดตามอัตราส่วนจากตารางที่ 3.1 จากนั้นใส่หัวไชเท้าที่ผ่านการล้างน้ำสะอาด ปอกเปลือก และหั่นแฉลบเรียบร้อยแล้ว ใส่งไปในหม้อ ตามด้วยรากผักชี กระเทียม และพริกไทย ที่ทุบหยาบ นำส่วนผสมทั้งหมดไปให้ความร้อนระดับไฟกลาง (อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส) ในระหว่างการให้ความร้อนให้ตักฟองออกจากส่วนผสมและปรุงรสด้วยเกลือ ซีอิ้วขาว และน้ำตาลกรวด เคี่ยวต่อที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส จนน้ำซุบมีรสชาติหวานและกลิ่นหอม ใช้เวลาเคี่ยว 3 ชั่วโมง (ทวิทอง และคณะ, 2546)

วิธีเตรียมน้ำซूपสูตรที่ 2 ล้างกระดูกสันหลังหมูให้สะอาด และลวกน้ำเดือดนาน 5 นาที จากนั้นนำกระดูกสันหลังหมูที่ลวกแล้วใส่ในหม้อที่บรรจุหัวไชเท้าหั่นแฉ่น รากผักชีทั้งชิ้น กระเทียมกลีบ และพริกไทยเม็ด นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส รอจนน้ำเดือดจึง ปรับระดับความร้อนลงเหลือประมาณ 85 องศาเซลเซียส ในระหว่างนั้นตักฟองทิ้ง ปรุงรสด้วยเกลือ ซีอิ๊วขาว และน้ำตาลกรวด ต้มเคี่ยวต่อจนน้ำซूपมีรสชาติหวาน ใช้เวลาเคี่ยว 3 ชั่วโมง (นิตดา และคณะ, 2550)

วิธีเตรียมน้ำซूपสูตรที่ 3 ล้างกระดูกสันหลังหมูให้สะอาดเตรียมเอาไว้ จากนั้นคั่วผงพะโล้ เม็ดพริกไทย รากผักชี กระเทียม เกลือ กระดูกหมู กับน้ำมันพืชจนเกิดกลิ่นหอม แล้วจึงเทน้ำสะอาดและใส่กระดูกสันหลังลงไปเคี่ยวช้าๆ ที่อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเคี่ยว 3 ชั่วโมง (ศราวุฒิ และคณะ, 2554)

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนสูตรน้ำซุปรกระดูกหมู

สูตรที่ 1 ¹		สูตรที่ 2 ²		สูตรที่ 3 ³	
วัตถุดิบ	ปริมาณ (%โดย น้ำหนัก)	วัตถุดิบ	ปริมาณ (%โดย น้ำหนัก)	วัตถุดิบ	ปริมาณ (%โดย น้ำหนัก)
น้ำสะอาด	77.81	น้ำสะอาด	70.03	น้ำสะอาด	90.32
กระดูกสันหลังหมู	11.52	กระดูกสันหลังหมู	19.45	กระดูกสันหลังหมู	4.54
หัวไชเท้าหั่นแว่น	5.76	หัวไชเท้าหั่นแว่น	6.48	ผงพะโล้	0.91
น้ำตาลกรวด	1.30	น้ำตาลกรวด	1.12	ซีอิ๊วดำ	2.05
กระเทียม	1.30	กระเทียม	0.73	เกลือแกง	0.55
ซีอิ๊วขาว	0.69	ซีอิ๊วขาว	0.73	น้ำมันรำข้าว	0.55
เกลือแกง	0.69	รากผักชี	0.58	กระเทียม	0.36
รากผักชี	0.58	เกลือแกง	0.49	รากผักชี	0.36
พริกไทย	0.35	พริกไทย	0.39	พริกไทย	0.36

ที่มา: ทวีทอง และคณะ, 2546¹; นิดดา และคณะ, 2550²; ครัววุฒิ และคณะ, 2554³

การคัดเลือกเพื่อหาสูตรน้ำซุปรที่ใช้ในการตุ๋นทำโดยนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสและคัดเลือกจากสูตรที่ได้รับความนิยมจากผู้ทดสอบที่ชอบรับประทานอาหารประเภทตุ๋น จำนวน 50 คน โดยการให้คะแนนความชอบของคุณลักษณะในด้านต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความใสของน้ำซุปร และความชอบรวม (แบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ก) ให้คะแนนด้วยแบบ 9-Point hedonic scale กำหนดให้คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด 2 คือ ไม่ชอบมาก 3 คือ ไม่ชอบปานกลาง 4 คือ ไม่ชอบเล็กน้อย 5 คือ บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 คือ ชอบเล็กน้อย 7 คือ ชอบปานกลาง 8 คือ ชอบมาก และ 9 คือ ชอบมากที่สุดตามลำดับ เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับความนิยม

ความชอบสูงที่สุดเพียง 1 สูตร จากนั้นนำมาทำการปรับปรุงสูตรน้ำซุปรที่คัดเลือกได้ด้วยวิธีการ Just about right scale (JAR) เพื่อหาความพอดีในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความใสของน้ำซุปร และความชอบรวมโดยให้ผู้ทดสอบชิมซึ่งเป็นผู้ที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน (แบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ก) โดยกำหนดให้คุณลักษณะที่ประเมินที่มีการให้คะแนนความพอดี มากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนน จาก 9 คะแนน จะถือว่าเป็นระดับที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับหากคุณลักษณะด้านใดที่ได้คะแนนน้อยกว่า 7 คะแนนจะมีการปรับสูตรจนได้ค่าความพอดีมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนนตามลำดับ เพื่อนำสูตรน้ำซุปรที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตหมูต้นสำเร็จรูปในขั้นต่อไป

3.3.2 การเตรียมเนื้อหมู

การเตรียมเนื้อหมูสำหรับการทดลองจะนำเนื้อหมูสดส่วนสะโพก มาทำการตัดแต่งส่วนพังศึคออก แล้วนำเนื้อไปล้างผ่านน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เพื่อล้างเลือดและสิ่งปนเปื้อนออกจากวัตถุดิบ ซับให้แห้ง ก่อนนำไปแช่ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เพื่อให้ผิวของเนื้อหมูมีความคงตัวง่ายต่อการตัดแต่ง จากนั้นทำการตัดแต่งโดยหั่นเนื้อให้มีขนาดกว้าง×ยาว×หนา เท่ากับ 2×2×2 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ดัดแปลงจาก Lovedeep et al., 2014)

3.3.3 การบรรจุเนื้อหมูและน้ำซุปร

ซังน้ำหนักตัวอย่างเนื้อหมูที่เตรียมในข้อ 3.3.2 ด้วยเครื่องซังทศนิยม 2 ตำแหน่ง ตัวอย่างถุงละประมาณ 100 กรัม ทำการจذبน้ำที่น้ำหนักเนื้อหมูดิบเพื่อใช้ในการคำนวณ Cooking loss (ดัดแปลงจาก Young and Lyon, 1997) จากนั้นนำน้ำซุปรที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.1.1 มาบรรจุในถุงที่มีตัวอย่างถุงละ 200 มิลลิลิตร ใช้ถุง Laminate low density polyethylene (LLDPE) จากนั้นไล่อากาศแล้วปิดผนึกด้วยเครื่องซีลความร้อนให้ปากถุงปิดสนิท (ดัดแปลงจาก Lovedeep et al., 2014) เพื่อทำการศึกษาในขั้นต่อไป

3.3.4 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการตุ๋น

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตุ๋นเนื้อหมู มีการกำหนดช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา คือ 75-85 องศาเซลเซียส (Brush, 1983) และ (Cao and Gu, 2013) ระยะเวลาในการตุ๋น 4-8 ชั่วโมง ออกแบบการทดลองโดยใช้เทคนิคพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology: RSM) วางแผนการทดลองแบบ Central composite design (CCD) 2 ซ้ำ โดยการทดลองที่ออกแบบได้ทั้งหมด 13 การทดลอง แสดงดัง ตารางที่ 3.2

ในกระบวนการตุ๋นเนื้อหมู จะนำตัวอย่างที่เตรียมได้ในข้อ 3.3.3 ไปตุ๋นในหม้อที่บรรจุน้ำ ปิดฝา วางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ตามสภาวะของอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนด ดังตารางที่ 3.2 เมื่อทำการตุ๋นตัวอย่างตามสภาวะที่กำหนดแล้วลดอุณหภูมิโดยนำถุงตัวอย่างไปแช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่าง ๆ ตามข้อ 3.3.5 ต่อไป

ตารางที่ 3.2 การกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการผลิตหมูตุ๋น

ลำดับ	เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1	4	75
2	4	80
3	4	85
4	6	75
5	6	80
6	6	80
7	6	80
8	6	80
9	6	80
10	6	85
11	8	75
12	8	80
13	8	85

3.3.5 การตรวจสอบคุณภาพ

3.3.5.1 ค่าความขุ่นของน้ำซุป

วัดความขุ่นของน้ำหมุดูวิเคราะห์ค่า (ดัดแปลงจาก Cerreti et al., 2016) ด้วยเครื่อง Lovibond/Therbichek โดยการนำน้ำที่ได้จากกระบวนการผลิตหมุดูมารองเอาส่วนผสมที่เป็นชิ้นใหญ่ๆ ออก ด้วยกระชอนสแตนเลสขนาด 12 เมช ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรง 1.4 มิลลิเมตร ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที และนำส่วนของเหลวใส่ในขวดเก็บตัวอย่าง เมื่อจะวัดความขุ่นของน้ำซุป ให้เขย่าตัวอย่างก่อนนำไปทำการวัด ค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Lovibond/Therbichek (วิธีการดังภาคผนวก ข) อ่านค่าที่แสดงผลจากการวัดเป็นหน่วย NTU ทำการวัดแต่ละชุดการทดลอง 3 ซ้ำ จดบันทึก (ทำ 2 ซ้ำการทดลอง) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.5.2 ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมุดูเนื่องจากการตุ๋น

การวิเคราะห์ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (Cooking loss) ของเนื้อหมุดู (ดัดแปลงจาก Young and Lyon, 1997) กระทำโดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้อหมุดูดิบก่อนตุ๋น จากนั้นนำตัวอย่างไปให้ความร้อนโดยการตุ๋นตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดดังตารางที่ 3.2 และนำตัวอย่างเนื้อหลังให้ความร้อนมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งนำมาคำนวณผลการทดลองได้ตามสูตร (โดยการทำให้สุก 2 ซ้ำการทดลอง) จดบันทึกแล้วหาค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\% \text{ Cooking loss} = \frac{(W_b - W_a)}{W_b} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

W_b = น้ำหนักตัวอย่างเนื้อก่อนทำให้สุก (weight of raw pork, g)

W_a = น้ำหนักตัวอย่างเนื้อหลังทำให้สุก (weight of cooked pork, g)

3.3.5.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมุดู

การวัดค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อหมุดูด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยใช้วิธี Texture profile analysis (TPA) (ดัดแปลงจาก Li, 2006) ทำการตั้งค่าของเครื่อง TA-Xt Plus ตามใน (ภาคผนวก ข) โดยหั่นเนื้อหมุดูให้มีขนาดกว้าง×ยาว×หนา เท่ากับ 1.5×1.5×1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตรให้เท่ากันทุกชิ้น เพื่อทำการวัดค่าความแข็ง (hardness) และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) ตามแนวขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ (วิธีการดังภาคผนวก ข) แต่ละชุดการทดลองวัด 4 ซ้ำ จดบันทึก (ทำ 2 ซ้ำการทดลอง) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.5.4 ค่าสีของเนื้อหมู

ทำการวัดค่าสีของเนื้อหมูตุ๋น (ดัดแปลงจาก Manninen et al., 2015) โดยนำเนื้อหมูตุ๋นที่ได้มาซับผิวหน้าให้แห้ง และนำมาวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี CR400 รายงานผลเป็นค่า L^* , a^* , b^* ทำการวัดสีที่พื้นผิวของเนื้อหมูตุ๋น (วิธีการดังภาคผนวก ข) แต่ละชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ทำ 2 ซ้ำการทดลอง และทำการจดบันทึกข้อมูลแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.5.5 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมูตุ๋นสำเร็จรูป

โดยการใช้วิธีการพื้นที่ผิวการตอบสนอง (Response surface methodology: RSM) ในการออกแบบการทดลองแบบ Central composite design (CCD) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ของ Response ที่สนใจ โดยการคำนวณทำซ้ำ 5 ครั้ง ที่จุดศูนย์กลาง (central point of design) (0,0) สร้างแบบจำลองผลของตัวแปรอิสระทั้ง 2 สิ่งการทดลอง คือ อุณหภูมิและเวลาของเนื้อหมูตุ๋น ที่มีต่อคุณภาพในด้านต่างๆ ของเนื้อหมูตุ๋น จากนั้นใช้ค่าเฉลี่ยตัวแปรตอบสนองที่วิเคราะห์ได้จากภาวะที่ได้ใช้ในการผลิตหมูตุ๋นด้วยกระบวนการตุ๋นตารางที่ 3.2 มาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติสำเร็จรูป Design-Expert® software version 7 (Anonymous, 2005) เพื่อหาความพอดีของรูปแบบ (fit the model) สำหรับสร้างแผนภาพคอนทัวร์พล็อต แผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง และวิเคราะห์ค่า desirability ของสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อหมูตุ๋น โดยใช้สมการพหุนาม (polynomial model) ตามแบบ Lazic (2004) เป็นตัวอธิบาย โดยวิธีการทางสถิติที่ใช้คือ วิธีการกำลังสองที่น้อยที่สุด (the least square method) เพื่อประมาณค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากฟังก์ชันที่ใช้เรียกว่า fitted response function แสดงดังในสมการ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_{21} + \beta_{22} X_{22} + \beta_{12} X_1 X_2 \dots \dots \dots (2)$$

เมื่อ Y คือค่าการทำนายของตัวแปร (response) ต่าง ๆ ของการทำนาย ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ค่าความขุ่นของน้ำซุปล ค่าร้อยละการสูญเสีย น้ำหนักของเนื้อหมู ค่าความแข็ง และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญของหมูตุ๋น ส่วนค่า X_1 คือ Temperature level และ ค่า X_2 คือ Time level ส่วนค่า β_0 คือ Constant value, β_1 และ β_2 คือ Linear terms, β_{11} , β_{22} คือ quadeatic terms และ β_{12} คือ Interaction term ซึ่งระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 3 ระดับ คือ -1, 0 และ +1 ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของแต่ละปัจจัย		
		Low	Center	High
อุณหภูมิที่ใช้ในการตุ๋น	X_1	75	80	85
ระยะเวลาที่ใช้ในการตุ๋น	X_2	4	6	8

นำตัวอย่างทดลองจำนวน 13 การทดลอง ที่ผ่านการตุ๋นตามสภาวะที่แสดงในตารางที่ 3.2 นำมาตรวจคุณภาพด้านกายภาพ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมูตุ๋นที่ดีที่สุดต่อไป

3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

การเตรียมหมูตุ๋นสำหรับผู้ทดสอบชิม โดยการนำตัวอย่างเนื้อหมูตุ๋นที่ได้จากข้อ 3.3.4 ไปอุ่นทิ้งลงในหม้อน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำมาเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบชิม ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-Point hedonic scale กำหนดสูตรที่ใช้ในการผลิตหมูตุ๋นทั้งหมด 13 ภาวะ (13 ตัวอย่าง) มีการวางแผนการทดสอบชิมแบบ Balance Incomplete Block Design โดยให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ ในด้านสีของเนื้อหมู กลิ่นของผลิตภัณฑ์ รสชาติของผลิตภัณฑ์ ความนุ่มของเนื้อหมู และความชอบและการยอมรับโดยรวมตามแบบประเมินใน (ภาคผนวก ก) (ทำการทำสอบชิมทั้งหมด 2 ซ้ำการทดลอง) โดยผู้ทดสอบชิมครั้งละ 26 คน ต่อ 1 ซ้ำการทดลอง ซึ่งผู้ทดสอบจะได้ชิมตัวอย่างคนละ 3 ตัวอย่างที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3.4 (จรัญ, 2540) และแบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ก เพื่อดูแนวโน้มของการยอมรับของผู้บริโภคจากสูตรต่างๆ

ตารางที่ 3.4 การสุ่มตัวอย่างเนื้อหมูสุ่นให้ผู้ทดสอบชิมวางแผนทดลองแบบ Balance Incomplete Block Design

ผู้ทดสอบ ชิมคนที่	การทดลองซ้ำที่ I II			ผู้ทดสอบ ชิมคนที่	การทดลองซ้ำที่ I II		
	ตัวอย่างหมูสุ่นที่ผู้ชิมได้รับ				ตัวอย่างหมูสุ่นที่ผู้ชิมได้รับ		
1	1	3	9	14	2	6	5
2	2	4	10	15	3	7	6
3	3	5	11	16	4	8	7
4	4	6	12	17	5	9	8
5	5	7	13	18	6	10	9
6	6	8	1	19	7	11	10
7	7	9	2	20	8	12	11
8	8	10	3	21	9	13	12
9	9	11	4	22	10	1	13
10	10	12	5	23	11	2	1
11	11	13	6	24	12	3	2
12	12	1	7	25	13	4	3
13	13	2	8	26	1	5	4

หมายเหตุ : แผนการทดสอบชิม

$t =$ จำนวนทรีเมนต์ = 13; $k =$ จำนวนหน่วยต่อบล็อก = 3; $b =$ จำนวนบล็อก = 26;
 $r =$ จำนวนซ้ำ = 6; $\lambda =$ จำนวนครั้งที่แต่ละคู่ทรีเมนต์ปรากฏในบล็อกเดียวกัน = 1

จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำมาวิเคราะห์ด้วย

โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16 โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์เพื่อดูแนวโน้มและความชอบของผู้บริโภคไปประกอบกับการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมุดสำเร็จรูป

3.5 การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของหมุดสำเร็จรูป

ทำการผลิตหมุดสำเร็จรูปโดยใช้สภาวะการคั่วที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.3.4 เพื่อนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมุดสำเร็จรูป โดยบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด Laminate low density polyethylene (LLDPE) น้ำหนักรวม 300 กรัมต่อถุง (เนื้อคั่ว 100 กรัม น้ำซूप 200 กรัม) นำไปให้เซฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารจำนวน 10 ท่าน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ทดสอบจะต้องทดสอบผลิตภัณฑ์ตามแบบประเมินที่ได้อธิบายคำแนะนำและวิธีการแปรรูปเนื้อหมุด (แบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ก) และ (ขั้นตอนการเตรียมในสำหรับการชิมผลิตภัณฑ์หมุดดังภาคผนวก ค) ให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ด้านลักษณะปรากฏของ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่มและการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-Point hedonic scale และอาจมีการปรับปรุงสูตรด้วยวิธีการ Just about right scale (JAR) ในกรณีที่ มีค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยกว่า 7 คะแนน แต่ถ้าค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนน จาก 9 คะแนน จะไม่มีการปรับปรุง

3.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการผลิตเนื้อหมุดสำเร็จรูปโดยใช้อุณหภูมิและเวลาการคั่วที่เหมาะสมจากข้อ 3.4 จากนั้นนำถุงตัวอย่างไปเก็บรักษาโดยแช่ในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นนำตัวอย่างออกมาตรวจสอบเมื่อเก็บรักษาเป็นไว้เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15 วัน เพื่อตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีการหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC, 2000) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในการเก็บรักษา (รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ง)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการคัดเลือกและปรับปรุงสูตรน้ำซุปรู้ที่ใช้ในการตุ๋น

4.1.1 การคัดเลือกสูตรที่ใช้ในการผลิตน้ำซุปรู้

จากการผลิตน้ำซุปรู้ที่จะใช้ในการทำหมุดตุ๋นทั้ง 3 สูตร พบว่าน้ำซุปรู้ที่ได้ทั้ง 3 สูตร มีลักษณะเป็นของเหลว มีสีคล้ำ มีกลิ่นหอม ส่วนความใสของน้ำซุปรู้มีความแตกต่างกันไปตามส่วนผสมที่ใช้ และเมื่อนำน้ำซุปรู้ที่ผลิตจากได้ทั้ง 3 สูตร มาประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9 point hedonic scale โดยเกณฑ์การให้คะแนนความชอบของน้ำซุปรู้จากไม่ชอบมากที่สุด 1 คะแนน ถึง ชอบมากที่สุด 9 คะแนน มีผู้ทดสอบเป็นบุคคลทั่วไป จำนวน 50 คน ผลการทดลองแสดงตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำซุปรู้สูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ค่าสี ^{ns}	6.71±0.10	6.74±0.40	6.45±0.21
กลิ่น ^{ns}	6.82±0.20	6.87±0.49	6.63±0.35
รสชาติ	6.69±0.49 ^a	6.46±0.65 ^a	4.43±0.13 ^b
ความใสของน้ำซุปรู้	6.96±0.57 ^a	6.82±0.59 ^a	5.50±0.17 ^b
ความชอบรวม	7.12±0.40 ^a	6.92±0.54 ^a	5.35±0.21 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

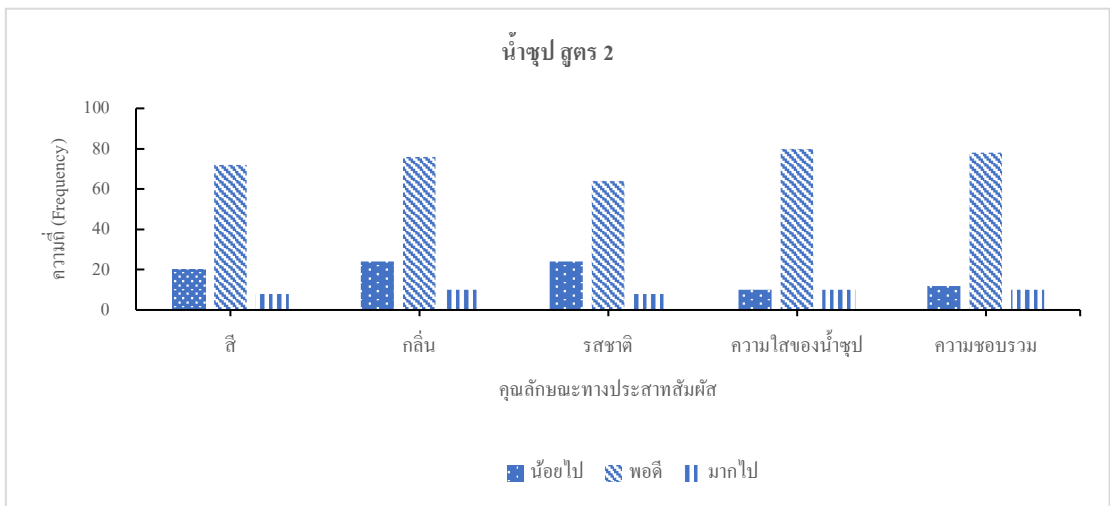
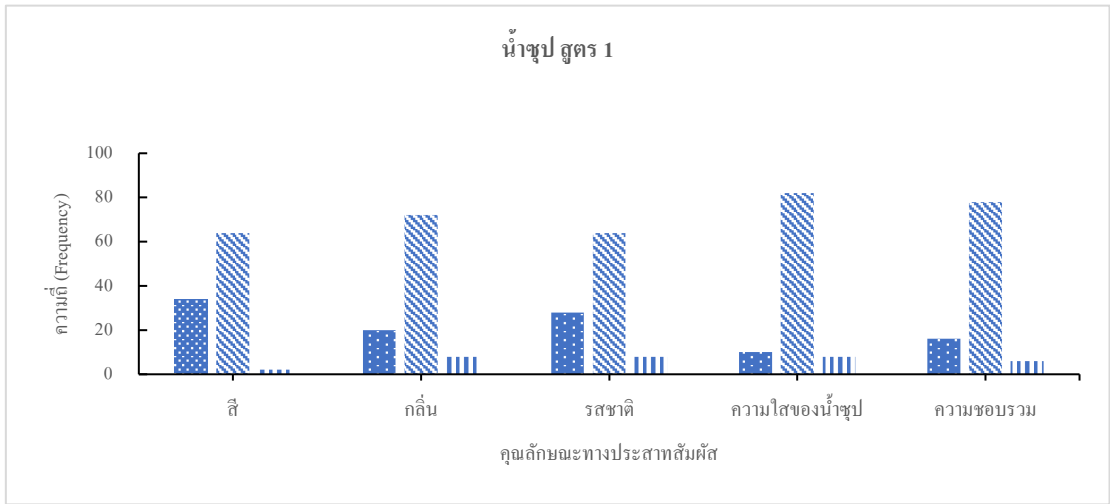
จากตารางที่ 4.1 พบว่าน้ำซุปรู้ทั้ง 3 สูตร มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของสีและกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเนื่องมาจากในแต่ละสูตรมีส่วนผสมของซีอิ้วดำ จึงทำให้น้ำซุปรู้มีสีคล้ำ เข้ม ที่ไม่แตกต่างกัน ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านสีและกลิ่นของน้ำซุปรู้ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านรสชาติ ความใสของน้ำซุปรู้ และความชอบโดยรวม ของสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 มีค่ามากกว่าสูตรที่ 3 แตกต่างอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านรสชาตินั้น พบว่าน้ำซุปลในสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีน้ำตาลกรวดเป็นองค์ประกอบ แต่ในสูตรที่ 3 นั้น ไม่มีส่วนผสมของน้ำตาล จึงอาจสรุปได้ว่า ผู้ทดสอบชอบน้ำซุปลที่มีรสหวานมากกว่าน้ำซุปลที่มีเพียงรสเค็มอย่างเดียว นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนประกอบที่ใช้ในการเตรียมน้ำซุปล พบว่า สูตรที่ 3 มีส่วนผสมของผงพะโล้และน้ำมันรำข้าว แต่ไม่มีในน้ำซุปลสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งอาจมีผลต่อความใสและความเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำซุปล ไม่มีไขมันกระจายอยู่ในน้ำซุปล จึงอาจสรุปได้ว่าผู้ทดสอบชอบน้ำซุปลที่ใส ไม่มีการแขวนลอย หรือการแยกชั้นของไขมันในน้ำซุปล

จากข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำซุปลจากทั้ง 3 สูตร กล่าวได้ว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในสูตรที่ 1 และ 2 มากกว่าสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบน้ำซุปลในทุกคุณลักษณะที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.2 การปรับปรุงสูตรน้ำซุปล

จากผลการทดลองในข้อที่ 4.1.1 เมื่อพิจารณาด้วยคะแนนเฉลี่ยของสูตรน้ำซุปลจากสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มาปรับปรุงสูตรด้วยวิธีการ Just about right scale (JAR) สำหรับหาความพอดีในด้านสี กลิ่น และรสชาติ ความใสของน้ำซุปล และความชอบโดยรวมของน้ำซุปล ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.2 และตารางที่ 4.2 เห็นได้ว่าน้ำซุปลสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากน้ำซุปลทั้ง 2 สูตรมีกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกัน แตกต่างกันที่สูตรที่ 2 มีการนำกระดูกสันหลังหมูไปลวกก่อน เพื่อกำจัดคราบเลือดและสิ่งสกปรกออกก่อนนำไปเคี่ยวในน้ำซุปล ส่วนสูตรที่ 1 ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเท่านั้นไม่ได้มีการลวกก่อนนำไปเคี่ยว โดยภาพรวมผู้บริโภคนำให้คะแนนความชอบด้านต่างๆ ไม่แตกต่างกัน แต่คะแนนเหล่านี้ มีค่าต่ำกว่า 7 คะแนน จึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขสูตรโดยนำวิธีการของ Just about right scale (JAR) มาพิจารณาผลระดับความพอดี ผลที่ได้แสดงดังในภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยหลักอย่างแท้จริง และนำไปปรับปรุงในการทดลองขั้นต่อไป



ภาพที่ 4.1 ร้อยละความพอดีของน้ำชูปสูตรที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.2 Binomial test ความไม่พอดีของน้ำซุปลสูตรมาตรฐานที่ได้รับการคัดเลือกเบื้องต้น
สูตร 1 และ 2 หน่วยเป็นจำนวนคน (ร้อยละ)

น้ำซุปล สูตรที่ 1						
ปัจจัยคุณภาพ	น้อยไป	มากไป	ผลรวม N	ค่าที่มาก	ค่าวิกฤติ	ทิศทางการ ปรับปรุง
สี	17	1	18	17*	14	ปรับเพิ่มขึ้น
กลิ่น	10	4	14	10 ^{ns}	12	ไม่ต้องปรับปรุง
รสชาติ	14	4	18	14 ^{ns}	14	ไม่ต้องปรับปรุง
ความใสของน้ำซุปล	5	4	9	5 ^{ns}	9	ไม่ต้องปรับปรุง
ความชอบรวม	8	3	11	8 ^{ns}	10	ไม่ต้องปรับปรุง

น้ำซุปล สูตรที่ 2						
ปัจจัยคุณภาพ	น้อยไป	มากไป	ผลรวม N	ค่าที่มาก	ค่าวิกฤติ	ทิศทางการ ปรับปรุง
สี	10	4	14	10 ^{ns}	18	ไม่ต้องปรับปรุง
กลิ่น	12	5	17	12 ^{ns}	13	ไม่ต้องปรับปรุง
รสชาติ	12	6	18	12 ^{ns}	14	ไม่ต้องปรับปรุง
ความใสของน้ำซุปล	5	5	10	5 ^{ns}	9	ไม่ต้องปรับปรุง
ความชอบรวม	6	5	11	6 ^{ns}	10	ไม่ต้องปรับปรุง

จากภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาปัจจัยคุณภาพที่มีความพอดี มากกว่าหรือเท่ากับ ร้อยละ 70 (มีความพอดี เหมาะสม โดยไม่ต้องปรับปรุง) จะเห็นได้ว่าน้ำซุปลสูตรที่ 2 มีจำนวนปัจจัยคุณภาพที่เหมาะสมมากกว่าน้ำซุปลสูตรที่ 1 เนื่องจากน้ำซุปลสูตรที่ 1 จะมีปัจจัยคุณภาพด้านสีที่ต้องปรับปรุง ประกอบกับค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำซุปลทั้ง 2 สูตร ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.71 - 6.96 คะแนน ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ 2 ที่มีความพอดีในทุกปัจจัย (ดังแสดงในภาคผนวก จ) มาปรับปรุงสูตร โดยได้ขอคำแนะนำจากเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารในการปรับปรุงสูตรน้ำซุปล และเพื่อให้ได้รับการ

ยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส มากกว่า 7 คะแนน ในทุกๆ คุณลักษณะ ตามข้อเสนอแนะของผู้ทดสอบชิมที่แนะนำให้ปรับปรุงด้านสีให้มีความเข้มข้น ประกอบกับน้ำซุปรามีกลิ่นหมุก่อนข้างอ่อน ทำให้น้ำซุปรามีรสชาติไม่กลมกล่อม และน้ำซุปรไม่อร่อยใส โดยได้ไปปรึกษาเชฟและผู้เชี่ยวชาญ เชฟให้คำแนะนำคือ การเกี่ยวซุปรไม่ควรใช้ไฟแรงจนน้ำเดือดเพราะจะทำให้ น้ำซุปรขุ่น ควรค่อยๆ เกี่ยวด้วยไฟอ่อนไปจนได้ที่ และการห่อเครื่องเทศด้วยผ้าขาวบางจะช่วยลดตะกอนของเครื่องเทศที่เปื้อย และเป็นเศษผงในน้ำซุปรทำให้น้ำซุปรดูไม่น่ารับประทาน และการเติมผงปรุงรสหมูเล็กน้อยจะช่วยดึงรสชาติของน้ำซุปรให้กลมกล่อมขึ้นได้

จึงได้นำคำแนะนำที่ได้จากเชฟและผู้เชี่ยวชาญมาทำการปรับปรุงสูตรน้ำซุปร โดยเพิ่มส่วนผสมของผงปรุงอาหารรสหมูและผงชูรส เพื่อให้ น้ำซุปรมีกลิ่นและรสชาติเข้มข้น กลมกล่อมมากขึ้น จากนั้นปรับปรุงความใสของน้ำซุปร โดยนำเครื่องเทศทั้งหมดมาห่อด้วยผ้าขาว (นิดดาและคณะ, 2550) และเพิ่มเวลาในการเกี่ยวน้ำซุปรให้นานขึ้น จาก 3 ชั่วโมงเป็น 5 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มความเข้มของน้ำซุปร แสดงผลการปรับปรุงสูตรดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราส่วนของน้ำซุปรสูตร 2 ก่อนและหลังการปรับปรุง

วัตถุดิบ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
	(ร้อยละ)	(ร้อยละ)
น้ำ	70.03	69.68
กระดูกสันหลังหมู	19.45	19.35
หัวไชเท้า	6.48	6.45
น้ำตาลกรวด	1.12	1.11
กระเทียม	0.73	0.72
ซีอิ๊วขาว	0.73	0.73
รากผักชี	0.58	0.58
เกลือแกง	0.49	0.49
พริกไทย	0.39	0.39
ผงปรุงอาหารรสหมู	-	0.30
ผงชูรส	-	0.20

จากตารางที่ 4.3 การปรับปรุงสูตรน้ำซุปรู้ทำโดยเติมผงปรุงอาหารรสหมูและผงชูรส เพื่อให้ น้ำซุปรู้มีรสชาติเข้มข้นขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของบังอรและคณะ (2551) ที่กล่าวว่าน้ำซุปรู้หมูผงมีปริมาณกรดกลูตามิก 553.75 กรัมต่อ 100 กรัม มากกว่าน้ำซุปรู้กระดูหมูซึ่งมีกรดกลูตามิกเพียง 102 กรัมต่อ 100 กรัม ดังนั้น เมื่อเติมผงปรุงอาหารรสหมูและผงชูรสเพิ่มขึ้นในน้ำซุปรู้จึงทำให้น้ำซุปรู้มีรสชาติเข้มข้นและกลมกล่อมมากขึ้น ส่งผลให้ได้รับค่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่สูงขึ้นแสดงดังตาราง ที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าคะแนนเฉลี่ยของน้ำซุปรู้สูตร 2 ก่อนและหลังการปรับปรุง

คุณลักษณะ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ค่าสี	6.74±0.40 ^b	7.46±0.14 ^a
กลิ่น	6.87±0.49 ^b	7.31±0.01 ^a
รสชาติ	6.46±0.65 ^b	7.35±0.07 ^a
ความใสของน้ำซุปรู้	6.82±0.59 ^b	7.67±0.01 ^a
ความชอบรวม	6.92±0.54 ^b	7.50±0.06 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า หลังจากทำการปรับปรุงน้ำซุปรู้สูตรที่ 2 ส่งผลให้ความชอบของน้ำซุปรู้มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกคุณลักษณะ โดยมีค่าคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และน้ำซุปรู้หลังการปรับปรุงสูตรมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.31-7.67 คะแนน หมายถึง ผู้ทดสอบมีความชอบปานกลางเกือบถึงชอบมาก เนื่องจากคะแนนได้รับอยู่ในช่วงที่สูงกว่า 7 คะแนน

4.2 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำหมูตุ๋น

การศึกษาเพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการทำหมูตุ๋น โดยการใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) ในการออกแบบการทดลองโดยใช้การทดลองแบบ Central Composite Design ทำการทดลอง 2 ชั้น เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของปัจจัย (factors) 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ คือ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการตุ๋น 75, 80, และ 85 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาในการ

ต้น คือ 4, 6, และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยทั้งสองมีผลต่อค่าตัวแปรการตอบสนอง (response variables) คือ มีผลต่อค่าสี ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ค่าความชุ่มน้ำซูป ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมู (cooking loss) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) แสดงในตารางที่ 4.5

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ของค่าเฉลี่ยตัวแปรตอบสนองที่ได้จากการทดลอง แสดงดังในตารางที่ 4.6 และ 4.8 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแบบจำลองเพื่อหารูปแบบของสมการที่เหมาะสมของ อุณหภูมิ และระยะเวลาที่มีผลต่อการตุ๋น โดยส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อตุ๋นที่เป็นแบบ รูปแบบกำลังสอง (quadratic Model) และตารางที่ 4.7 เป็นรูปแบบเชิงเส้น (linear Model) ที่ได้รับการยอมรับในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่าเฉลี่ยตัวแปรตอบสนองที่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากค่า F-value ของรูปแบบสมการ (Model fit) มีความเหมาะสมโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีความไม่สมรูปของข้อมูล (Lack-of-fit) โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่สูง โดยมีค่า ($R^2 \leq 0.60$) หมายความว่า สมการที่ได้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูต้นสำเร็จรูป

สภาวะ ที่	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ค่าสี			ค่าความขุ่น น้ำซूप (ntu)	Cooking Loss (%)	Hardness (N)	Chewiness (N)
			L*	a*	b*				
1	75	4	58.85±0.10 ^a	12.50±0.01 ^e	17.07±0.08 ^{ab}	1958.50±2.59 ^a	38.93±0.46 ^a	142.22±0.48 ^h	34.86±0.92 ^j
2	75	6	60.30±0.22 ^{cd}	11.21±0.25 ^d	17.35±0.08 ^{bcd}	2080.67±0.67 ^b	39.62±0.25 ^a	137.69±0.71 ^g	32.66±0.25 ⁱ
3	75	8	61.51±0.08 ^{ef}	10.52±0.14 ^c	18.24±0.04 ^e	2200.50±6.36 ^d	40.93±0.67 ^b	122.25±26.65 ^e	26.65±3.13 ^g
4	80	4	59.77±0.17 ^{bc}	11.57±0.31 ^d	16.91±0.28 ^a	2116.67±2.35 ^c	41.48±0.01 ^b	131.02±1.48 ^f	29.74±0.01 ^h
5	80	6	61.54±0.40 ^{ef}	10.53±0.12 ^c	17.43±0.14 ^{bcd}	2344.00±0.47 ^e	42.43±0.16 ^c	110.01±0.46 ^{bc}	20.51±0.41 ^{de}
6	80	6	62.27±0.11 ^g	9.97±0.07 ^{bc}	17.59±0.23 ^{cd}	2339.67±3.30 ^e	42.59±0.42 ^c	113.70±5.62 ^{cd}	19.38±0.07 ^{cd}
7	80	6	62.69±0.22 ^g	9.79±0.41 ^b	17.69±0.14 ^d	2348.34±0.94 ^e	42.46±0.40 ^c	117.14±0.48 ^{de}	22.59±0.42 ^{ef}
8	80	6	62.14±0.88 ^{fg}	10.39±0.17 ^{bc}	17.46±0.30 ^{bcd}	2349.84±5.89 ^e	42.65±0.16 ^c	110.40±4.02 ^{bc}	17.46±0.72 ^{bc}
9	80	6	62.78±0.02 ^g	10.05±0.14 ^{bc}	17.63±0.14 ^{cd}	2361.84±13.91 ^f	42.48±0.17 ^c	118.69±0.31 ^{de}	19.43±0.24 ^{cd}
10	80	8	63.58±0.26 ^h	8.62±0.05 ^a	18.49±0.07 ^e	2626.00±2.83 ^h	43.21±0.20 ^{cd}	95.85±1.77 ^a	16.62±0.13 ^b
11	85	4	59.32±0.20 ^{ab}	12.45±0.04 ^e	17.20±0.15 ^{abc}	2549.50±3.54 ^g	43.73±0.03 ^d	133.55±0.69 ^{fg}	24.61±0.46 ^{fg}
12	85	6	60.95±0.11 ^{de}	10.57±0.11 ^c	17.72±0.32 ^d	2914.17±0.71 ⁱ	45.05±0.53 ^e	106.70±2.65 ^b	15.60±0.35 ^b
13	85	8	63.87±0.16 ^h	9.06±0.76 ^a	18.52±0.05 ^e	2942.84±0.23 ^j	45.75±0.01 ^e	91.66±0.24 ^a	10.87±0.21 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกัน ในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมู
ตุ๋น สำหรับ Response Surface Quadratic Model

Source	F-Value			
	Df	b*	Turbidity	Cooking loss
Model	2	65.60**	81.25**	734.89**
A-temp	1	4.65 ^{ns}	127.04**	1282.56**
B-time	1	126.55**	35.45**	187.22**
Lack of fit	6	2.27 ^{ns}	147.20**	4.93 ^{ns}
R ²	-	0.92	0.94	0.99

หมายเหตุ * Significant at $p \leq 0.05$ ** Significant at $p \leq 0.01$

^{ns} not significant

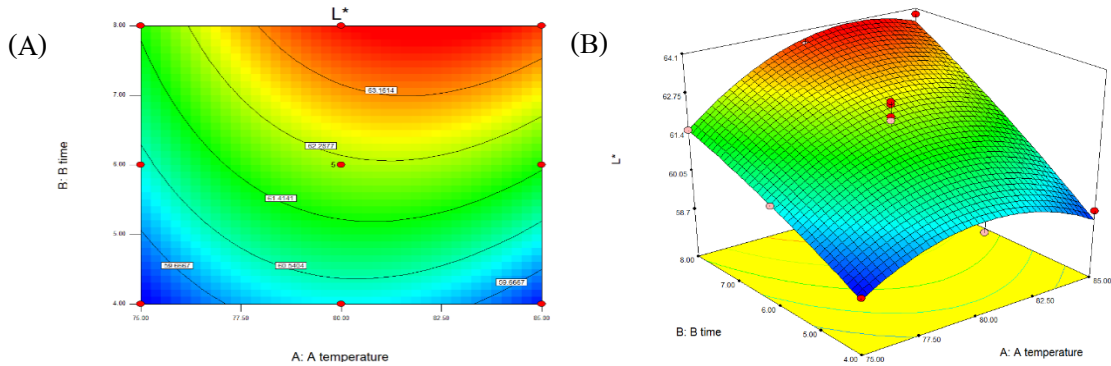
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมู
ตุ๋น สำหรับ Response Surface Linear Model

Source	F-Value				
	Df	L*	a*	Hardness	Chewiness
Model	5	23.46*	47.25*	34.87**	28.34*
A-temp	1	8.22*	11.69*	52.22*	77.23**
B-time	1	82.46**	175.13**	99.63**	51.16*
AB	1	3.64 ^{ns}	7.54*	7.63*	1.91 ^{ns}
A ²	1	17.25*	32.89*	12.92*	5.09 ^{ns}
B ²	1	0.40 ^{ns}	0.34 ^{ns}	5.51*	2.15 ^{ns}
Lack of fit	3	0.99 ^{ns}	0.31 ^{ns}	1.08 ^{ns}	1.33 ^{ns}
R ²	-	0.94	0.97	0.96	0.95

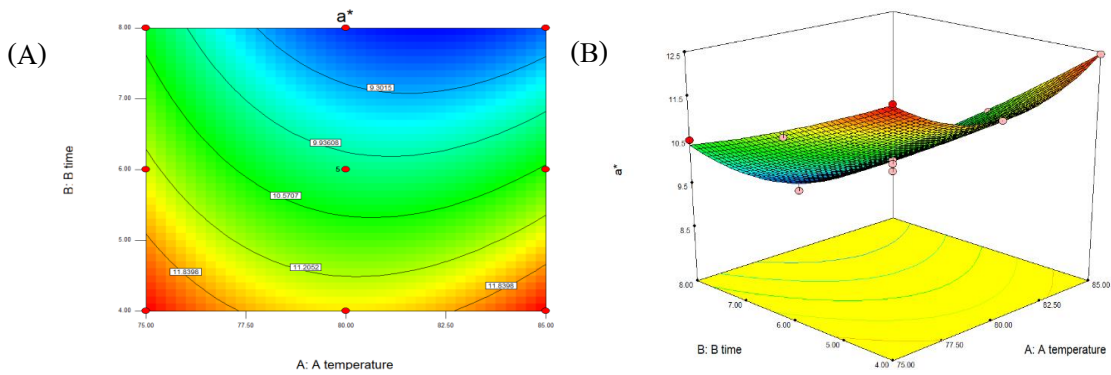
หมายเหตุ * Significant at $p \leq 0.05$ ** Significant at $p \leq 0.01$

^{ns} not significant

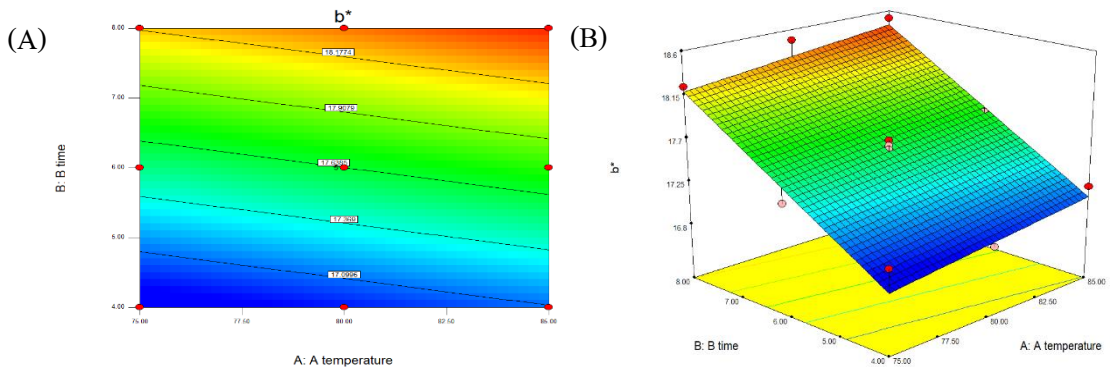
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 เมื่อนำผลของค่าตอบสนองของปัจจัยมาเขียนแผนภาพคอนทัวร์พรีดิกต์ และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนองได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.2 – 4.8



ภาพที่ 4.2 แผนภาพคอนทัวร์พรีดิกต์ (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในต้นที่มีผลต่อค่าความสว่างของเนื้อหมูต้น

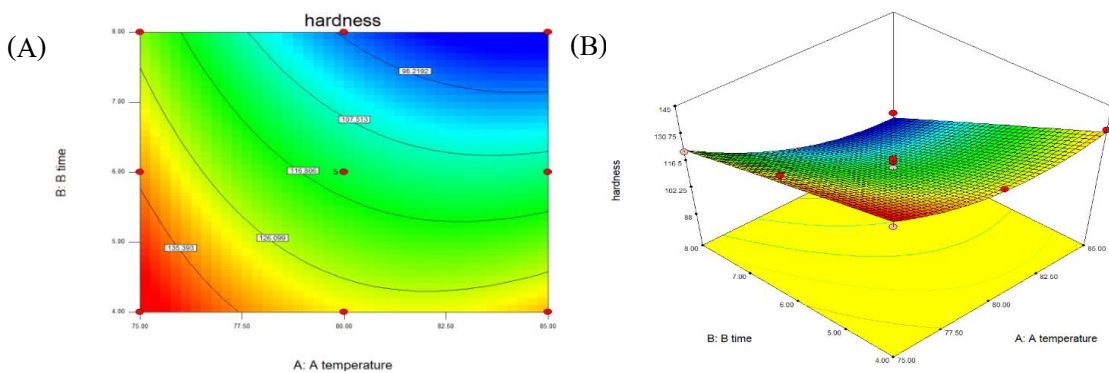


ภาพที่ 4.3 แผนภาพคอนทัวร์พรีดิกต์ (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในต้นที่มีผลต่อค่าสีแดงของเนื้อหมูต้น

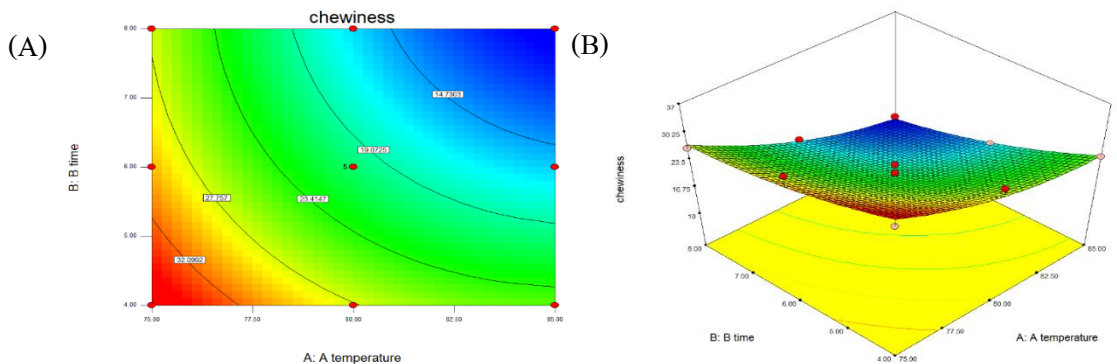


ภาพที่ 4.4 แผนภาพคอนทัวร์พรีดิกต์ (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในต้นที่มีผลต่อค่าสีเหลืองของเนื้อหมูต้น

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.2 - 4.4 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการตุ๋นเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a^*) มีค่าลดลง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อหมูตุ๋นเนื่องจากการใช้ระยะเวลาในการตุ๋นนาน ทำให้โปรตีนที่อยู่ในเนื้อเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ไมโอไฟบริลลาและซาร์โคพลาสติกโปรตีน รงควัตถุโปรตีนไมโอโกลบินละลายออกจากเซลล์ เส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นและมีค่าสีแดงลดลง (Christensen, 2011) เช่น ที่อุณหภูมิในการตุ๋นที่ 75 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมง เป็น 8 ชั่วโมง ค่า L^* เพิ่มขึ้นจาก 58.85 เป็น 61.51 และ b^* เพิ่มขึ้นจาก 17.05 เป็น 18.24 ขณะที่ค่า a^* ลดลงจาก 12.50 เป็น 10.52 และที่เวลาในการตุ๋น 8 ชั่วโมง เมื่อใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 75 องศาเซลเซียส เป็น 85 องศาเซลเซียส ค่า L^* เพิ่มขึ้นจาก 61.51 เป็น 63.87 และค่า b^* เพิ่มขึ้นจาก 18.24 เป็น 18.52 ขณะที่ค่า a^* ลดลงจาก 10.52 เป็น 9.06

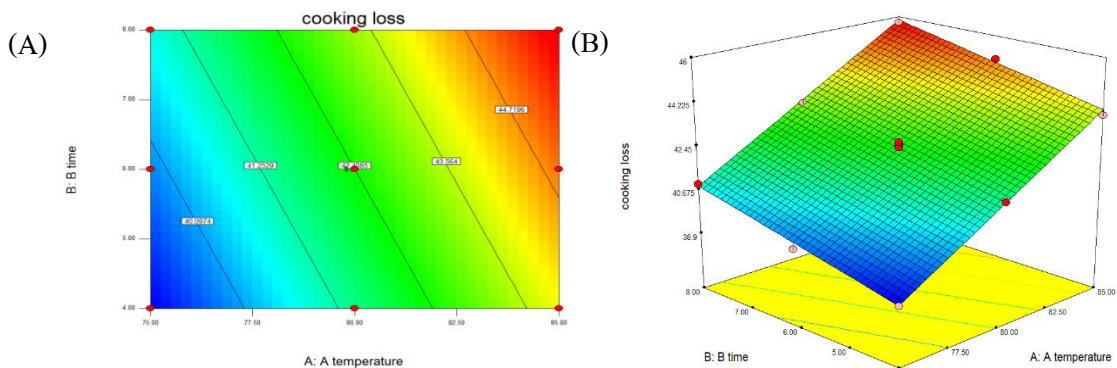


ภาพที่ 4.5 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการตุ๋นที่มีผลต่อค่าความแข็งของเนื้อหมูตุ๋น



ภาพที่ 4.6 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการตุ๋นที่มีผลต่อค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของเนื้อหมูตุ๋น

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5-4.6 พบว่า การใช้อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน มีผลทำให้ หมูตุ๋นมีค่าความแข็ง และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อ อุณหภูมิคงที่การใช้เวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้หมูตุ๋นมีค่าความแข็ง และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวลดลง ขณะเดียวกันเมื่อเวลาคงที่ การใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ ค่าความแข็ง และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากซาร์โคพลาสติก โปรตีน เช่น เนื้อเยื่อเกี่ยวพันคอลลาเจน เปลี่ยนเป็นเจลาตินที่อุณหภูมิมากกว่า 60 องศาเซลเซียส ส่งผลให้การจับตัวกันของเซลล์เส้นใย กล้ามเนื้ออ่อนตัวลง (Baldwin, 2012) เนื้อจึงนุ่มขึ้น เช่น อุณหภูมิการตุ๋น 85 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา เพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมง เป็น 8 ชั่วโมง ค่าความแข็ง ลดลงจาก 133.55 นิวตัน เป็น 91.66 นิวตัน และ ค่าแรงในการเคี้ยวลดลงจาก 24.61 นิวตัน เป็น 10.87 นิวตัน ส่วนที่เวลาการตุ๋น 8 ชั่วโมง เมื่อ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 75 องศาเซลเซียส เป็น 85 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งลดลงจาก 122.25 นิวตัน เป็น 91.66 นิวตัน และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวลดลงจาก 26.65 นิวตัน เป็น 10.87 นิวตัน

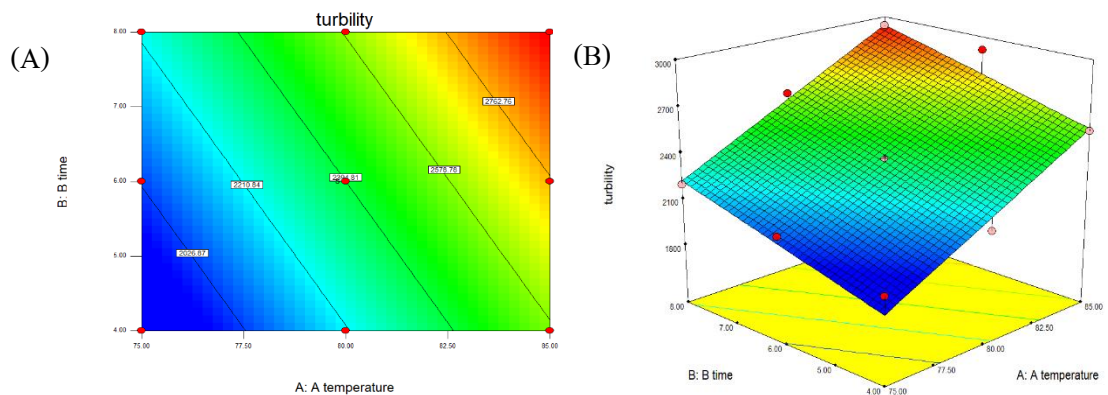


ภาพที่ 4.7 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของ อุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของหมูตุ๋น

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.7 พบว่า การใช้อุณหภูมิและเวลาต่างกันมีผลทำให้หมูตุ๋นมีร้อยละ การสูญเสียน้ำหนัก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิคงที่การใช้เวลาเพิ่มขึ้น มี ผลทำให้ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของหมูตุ๋นเพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาคงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของหมูตุ๋นเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกัน การสูญเสียน้ำหนักในขั้นตอนการปรุง เกิดจากความร้อนทำให้โปรตีนที่อยู่ในเนื้อสัตว์เกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติและการหดตัวของ โปรตีนทำให้โครงสร้างโปรตีนของเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อ และความสามารถในการจับน้ำของ

โครงสร้างโปรตีนลดลง เมื่อได้รับความร้อนเป็นระยะเวลาาน โมเลกุลน้ำที่อยู่ในเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อจึงถูกขับออกมาภายนอกโครงสร้างกล้ามเนื้อ (Pearce et al., 2011)

ยกตัวอย่าง เช่น อุณหภูมิการตุ๋นที่ 75 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมง เป็น 8 ชั่วโมง ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของหมูตุ๋นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 38.93 เป็น ร้อยละ 40.93 ส่วนที่เวลาการตุ๋น 8 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 75 องศาเซลเซียส เป็น 85 องศาเซลเซียส ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของหมูตุ๋นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 40.93 เป็น ร้อยละ 45.75



ภาพที่ 4.8 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในตุ๋นที่มีผลต่อค่าความขุ่นของน้ำซุปรหมูตุ๋น

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.8 พบว่าการใช้อุณหภูมิและเวลาต่างกันมีผลให้ความขุ่นของน้ำซุปรหมูตุ๋นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิคงที่การใช้เวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความขุ่นของน้ำซุปรหมูตุ๋นเพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาคงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลให้ความขุ่นของน้ำซุปรหมูตุ๋นเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ความขุ่นของน้ำซุปรเกิดขึ้นจากการให้ความร้อนขณะตุ๋นหมูทำให้โปรตีนซาร์โคพลาสมิกต่างๆ ในเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อละลายออกจากโครงสร้างกล้ามเนื้อ และสูญเสียสภาพธรรมชาติจับตัวกันเป็นก้อนตกตะกอนออกมา ส่งผลให้น้ำซุปรหมูตุ๋นมีความขุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการตุ๋นมากขึ้น (Li et al., 2016)

4.3 การทำนายภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหมูตุน

เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าตัวแปรการตอบสนองของปัจจัย (อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการตุ๋นที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูตุนสำเร็จรูป) แสดงดังตารางที่ 4.6-4.7 พบว่าค่าการตอบสนองของสมการ (model) ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (cooking loss) ค่าความแข็ง (hardness) ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) สามารถนำมาทำนายผลได้ เนื่องจากในแต่ละค่าตอบสนองมีค่า lack of fit ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายค่า (Coefficient, R^2) ของค่าการตอบสนองมีค่ามากกว่า 0.6 โดยอยู่ในช่วง 0.92-0.97 แสดงถึงความเป็นไปได้ที่จะนำข้อมูลในส่วนนี้มาหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อหมูตุน โดยในการทดลองนี้สมการจะแสดงในรูปแบบของกำลังสอง (quadratic model) และสมการเชิงเส้น (linear) เพื่อทำนายถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการตุ๋นที่มีผลต่อคุณภาพหมูตุน โดยแสดงในรายละเอียดของสมการในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สมการที่ทำนายได้จากการใช้วิธีพื้นผิวตอบสนองของแต่ละปัจจัย

Dependent Values	Equation (quadratic and linear models)	R^2
L*	$-248.63931 + 7.75747(X_1) - 2.29684(X_2) + 0.047250(X_1 X_2) - 0.049531(X_1)^2 - 0.047069(X_2)^2$	0.94
a*	$+230.63161 - 5.52858(X_1) + 1.85460(X_2) - 0.035250(X_1 X_2) + 0.035428(X_1)^2 + 0.022672(X_2)^2$	0.97
b*	$+13.52346 + 0.026000(X_1) + 0.33917(X_2)$	0.92
Cooking loss	$-0.59987 + 0.5167(X_1) + 0.47917(X_2)$	0.99
Hardness	$+2282.23437 - 5398222(X_1) + 36.28641(X_2) - 0.54800(X_1 X_2) + 0.34330(X_1)^2 - 0.044353(X_2)^2$	0.96
Chewiness	$+797.77736 - 17.99387(X_1) + 2.83733(X_2) - 0.13825(X_1 X_2) + 0.10867(X_1)^2 + 0.44168(X_2)^2$	0.95

หมายเหตุ : X_1 คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

X_2 คือ ระยะเวลา (ชั่วโมง)

จากตารางที่ 4.8 การใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนองในการออกแบบการทดลองการทำหมุด โดยพิจารณาจากค่า Desirability ที่เป็นฟังก์ชันในการกำหนดค่าคุณลักษณะของตัวแปรที่ต้องการได้ ว่าค่าควรอยู่ในช่วงใด เช่น ค่าสูง ค่าต่ำ หรืออยู่ในช่วงที่กำหนดตามความเหมาะสมของปัจจัย เมื่อกำหนดช่วงของค่าตอบสนองที่มีผลมาจาก อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการทำหมุด สามารถทำนายสถานะที่เหมาะสมในการตุ๋นได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การทำนายสถานะที่เหมาะสมในการผลิตหมุด

Response	Optimization of stew condition						
	Variable	Goal	Lower	Upper	Weight	Predicted response	Desirability
L*	Is in range		58.85	63.87	1	61.74	1.00
a*	Is in range		8.62	12.50	1	10.42	1.00
b*	Is in range		16.91	18.58	1	17.48	0.99
Cooking loss	Is in range		38.93	45.75	1	42.19	1.00
Hard ness	Is in range		91.66	142.22	1	117.51	1.00
Chewiness	Is in range		10.87	34.86	1	21.71	1.00

Solution : Temperature 80 °C Time 5.55 hrs.

Composite desirability = 1.00

จากตารางที่ 4.9 แสดงผลการทำนายสถานะที่เหมาะสมในการทำหมุด โดยกำหนดค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ให้มีค่าอยู่ในช่วง 58.85-63.87, 8.62-12.50 และ 16.91-18.58 ตามลำดับ เนื่องจากเนื้อที่มีค่าความสว่างสูงจะมีความสัมพันธ์กับสีขาว แต่เนื้อสัตว์ยังมีค่าความสว่างสูงจะทำให้เนื้อมีสีซีดดูไม่น่ารับประทาน สอดคล้องกับค่าสีแดง เมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเป็นสีแดงในเนื้อสัตว์ลดลง เนื่องจากรงควัตถุไมโอโกลบินที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ เกิดการเสียสภาพธรรมชาติและเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ในส่วนของค่าสีเหลืองจะแปรผันตามค่าความสว่างยิ่งเนื้อที่มีค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้น ค่าสีเหลืองจะเพิ่มขึ้นตามค่าความสว่าง (Christensen et.al., 2011) นอกจากนี้ยังกำหนดค่า Cooking loss ให้มีค่าอยู่ในช่วง 38.93-45.75 เนื่องจากการสูญเสียน้ำหนักในขั้นตอนการให้ความร้อนทำให้โปรตีน

สูญเสียสภาพธรรมชาติ น้ำจากโครงสร้างของโปรตีน และความสามารถในการจับน้ำของโครงสร้างโปรตีนลดลง (Pearce et.al., 2011) นอกจากนี้ยังกำหนดให้ค่า Hardness และ Chewiness ให้มีค่าอยู่ในช่วง 91.66-142.22 นิวตัน และ 10.87-34.86 นิวตัน ตามลำดับ เนื่องจากคุณลักษณะที่ดีของเนื้อหมูต้นควรมีความนุ่มและเคี้ยวง่าย Li และคณะ 2016 กล่าวว่า การใช้อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาเวลานานจะทำให้เนื้อสัตว์มีค่า Hardness และ Chewiness ลดลง ทำให้เนื้อมีความแข็งลดลงและเคี้ยวง่ายขึ้นซึ่งจะเป็นคุณสมบัติที่ดีของเนื้อหมูต้น ดังนั้น จากการกำหนดช่วงของค่าการตอบสนองสามารถทำนายจุดหรือช่วงที่เหมาะสมในการทำหมูต้น โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติสำเร็จรูป Design-Expert@software version 7 (Anonymous , 2005) พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการทำหมูต้น โดยที่มีปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ ดังกล่าวมาข้างต้น พบว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง 33 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสมในการทำหมูต้น โดยมีค่าความสว่าง (L*) 61.74 ค่าความเป็นสีแดง (a*) 10.42 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 17.48 ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 42.19 ค่าความแข็ง 117.51 นิวตัน ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว 21.71 นิวตัน ส่งผลให้มีค่าปัจจัยของความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 1.00 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ดีที่สุด มีความพึงพอใจและคุณภาพที่ดีที่สุดเกินกว่าจะปรับปรุงไปมากกว่าจุดนี้ จึงได้ทำการผลิตเนื้อหมูต้นสำเร็จรูปตามภาวะดังกล่าว พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี ค่าความสว่าง (L*) 61.49±0.58 ค่าความเป็นสีแดง (a*) 10.01±0.48 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 16.93±0.81 ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 42.49±0.44 ค่าความแข็ง 117.29±0.96 นิวตัน ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว 22.52±0.28 นิวตัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าที่ทำนายได้ ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลของที่ได้จากการทำนาย เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง

คุณลักษณะ	ค่าที่ได้จากการทำนาย	ค่าที่ได้จากการทดลอง
ค่าความสว่าง ^{ns}	61.74	61.49±0.58
ค่าความเป็นสีแดง ^{ns}	10.42	10.01±0.48
ค่าความเป็นสีเหลือง ^{ns}	17.48	16.93±0.81
ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ^{ns}	42.19	42.49±0.44
ค่าความแข็ง (N) ^{ns}	117.51	117.29±0.96
ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (N) ^{ns}	21.71	22.52±0.28

^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อหมูตุ๋น

จากการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำหมูตุ๋น ในหัวข้อ 4.2 ได้ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหมูตุ๋นที่ได้โดยใช้แบบทดสอบ Balance incomplete block design ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9 – Point hedonic scale ให้คะแนนความชอบของลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และการยอมรับโดยรวม แสดงผลดังตาราง 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นทั้ง 13 สูตร

สภาวะ	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	คุณลักษณะ				การยอมรับ โดยรวม
			สี	กลิ่น	รสชาติ	ความนุ่ม	
1	75	4	6.00±1.21 ^c	5.92±1.51 ^b	6.08±1.68 ^{ab}	5.83±1.95 ^{abc}	6.67±1.44 ^{ab}
2	75	6	6.50±1.09 ^{abc}	6.42±1.24 ^{ab}	6.58±1.38 ^{ab}	6.00±1.60 ^{ab}	6.67±0.98 ^{ab}
3	75	8	6.25±1.60 ^{abc}	6.58±1.73 ^{ab}	6.50±1.83 ^{ab}	6.83±1.64 ^{ab}	6.42±1.51 ^{ab}
4	80	4	7.33±1.30 ^a	7.50±1.31 ^a	7.00±1.54 ^a	6.83±1.27 ^{ab}	7.17±1.11 ^a
5	80	6	7.00±1.04 ^{abc}	6.58±1.73 ^{ab}	6.50±1.78 ^{ab}	7.17±2.04 ^a	7.00±1.28 ^{ab}
6	80	6	6.58±2.02 ^{abc}	5.67±1.67 ^b	6.50±2.07 ^{ab}	6.08±1.73 ^{ab}	6.58±1.31 ^{ab}
7	80	6	6.08±1.24 ^{bc}	6.00±0.74 ^b	6.42±1.08 ^{ab}	6.67±1.30 ^{ab}	6.75±1.14 ^{ab}
8	80	6	6.50±1.57 ^{abc}	5.75±1.14 ^b	5.25±1.91 ^b	5.42±1.68 ^{bc}	6.08±1.78 ^{ab}
9	80	6	7.42±1.00 ^a	7.00±1.41 ^{ab}	6.25±1.71 ^{a b}	7.08±1.88 ^a	6.58±1.24 ^{ab}
10	80	8	7.25±1.48 ^{ab}	7.00±0.74 ^{ab}	6.83±1.27 ^{ab}	5.83±1.99 ^{abc}	6.92±1.16 ^{ab}
11	85	4	7.00±1.04 ^{abc}	6.50±1.38 ^{ab}	6.67±1.97 ^{ab}	6.08±1.51 ^{ab}	6.50±1.45 ^{ab}
12	85	6	6.83±0.94 ^{abc}	6.00±1.48 ^b	6.08±1.62 ^{ab}	4.50±1.68 ^c	5.83±1.47 ^b
13	85	8	7.08±0.90 ^{abc}	6.17±1.75 ^b	6.67±1.87 ^{ab}	7.25±1.14 ^a	7.00±0.95 ^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยของ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบชิมค่อนข้างกระจาย ค่าคะแนนเฉลี่ยไม่สม่ำเสมอ อาจเนื่องจากผู้บริโภคนั้นไม่สามารถบอกความแตกต่างของตัวอย่างได้อย่างชัดเจน แต่สามารถบอกแนวโน้มของผู้บริโภคได้โดยการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ด้านของค่าสีพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนให้ความชอบสูงที่สุดกับผลิตภัณฑ์หมุดันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่เวลา 4 , 6 และ 8 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง คะแนนอยู่ในช่วง 7.00-7.42 คะแนน ในด้านของค่าคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของกลิ่นสูงสุด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 4 , 6 , 8 ชั่วโมง โดยคะแนนอยู่ในช่วง 7.00 - 7.50 คะแนน สำหรับค่าคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของกลิ่นสูงสุด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง โดยให้คะแนน 7.00 และค่าคะแนนเฉลี่ย ด้านความนุ่มผู้บริโภคให้คะแนนสูงสุด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง โดยคะแนนอยู่ในช่วง 7.08-7.25 คะแนน ด้านความชอบโดยรวมผู้บริโภคพบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 4 ,6 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.00-7.17 จากข้อมูลดังกล่าวมาสังเกตได้ว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มความชอบหมุดันที่ใช้ช่วงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเวลา ระหว่าง 4-6 ชั่วโมง และที่ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง

4.5 ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของหมุดันสำเร็จรูป

ทำการผลิตหมุดันสำเร็จรูปโดยใช้ภาวะการตุ๋นที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.2 คือ ใช้อุณหภูมิการตุ๋น 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง 33 นาที เพื่อนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด Laminate low density polyethylene (LLDPE) น้ำหนักรวม 300 กรัม ต่อถุง (เนื้อตุ๋น 100 กรัม น้ำซूप 200 กรัม) นำไปให้เซฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารจำนวน 10 ท่าน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ทดสอบจะต้องทดสอบผลิตภัณฑ์ตามแบบประเมินที่ได้อธิบายคำแนะนำและวิธีการแปรรูปเนื้อหมุดัน (แบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ก) และให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ด้านลักษณะปรากฏของ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-Point hedonic scale และอาจมีการปรับปรุงสูตรด้วยวิธีการ Just about right scale (JAR) ในกรณีที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยกว่า 7 คะแนน แต่ถ้าค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนน จาก 9 คะแนน จะไม่มีการปรับปรุง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.12 และ 4.12

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลทั่วไปของเชฟและผู้เชี่ยวชาญต่อผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป

ข้อมูล	ผลการสำรวจผู้บริโภค	(ร้อยละ)
เพศ	ชาย	60
	หญิง	40
อายุ	ต่ำกว่า 30 ปี	50
	31-40 ปี	50
	41-50 ปี	-
	51 ปี ขึ้นไป	-
อาชีพ	เชฟ	20
	อาจารย์/ผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร	80
ประสบการณ์ในการทำอาหาร	ต่ำกว่า 5 ปี	10
	5-10 ปี	70
	มากกว่า 10 ปี	20
การศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	-
	ปริญญาตรี	60
	สูงกว่าปริญญาตรี	40
	อื่น ๆ	-
ความถี่ในการบริโภคอาหารเมนูจากเนื้อหมู	ทุกวัน	80
	1 ครั้ง/สัปดาห์	-
	2-3 ครั้ง/สัปดาห์	20
ท่านเคยกินผลิตภัณฑ์หมูต้นหรือไม่	เคย	90
	ไม่เคย	10
เมนูจากหมูต้นใดบ้างที่ท่านเคยบริโภค	ก๋วยเตี๋ยวหมูต้น	25.64
	หมูต้นพะโล้	17.94
	หมูต้นยาจีน	15.39
	หมูต้นน้ำแดง	12.82

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ข้อมูลทั่วไปของเชฟและผู้เชี่ยวชาญต่อผลิตภัณฑ์หมูตุนสำเร็จรูป

ข้อมูล	ผลการสำรวจผู้บริโภค	(ร้อยละ)
เมนูจากหมูตุนใดบ้างที่ท่านเคยบริโภค	สตูหมู	12.82
	ข้าวหน้าหมูตุน	15.39
	อื่น ๆ	-
ราคาหมูตุนต่อ 1 หน่วย บริโภคควรจะมีราคาเท่าไร	35 - 40 บาท	10
	45 - 50 บาท	40
	55 - 60 บาท	40
	65 - 70 บาท	10
	75 - 80 บาท	-
	85 - 90 บาท	-
	อื่น ๆ	-

หมายเหตุ: จำนวนผู้ทดสอบ 10 คน

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์เป็น เพศชาย ร้อยละ 60 และหญิง ร้อยละ 40 โดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุต่ำกว่า 30 ปี ร้อยละ 50 และช่วง 35-40 ปี ร้อยละ 50 ด้านการประกอบอาชีพเป็นอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร ร้อยละ 80 และมีอาชีพเป็นเชฟ ร้อยละ 20 โดยส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการทำอาหาร 5-10 ปี ร้อยละ 70 รองลงมามากกว่า 10 ปี ร้อยละ 20 ต่ำกว่า 5 ปี ร้อยละ 10 โดยมีระดับการศึกษาส่วนใหญ่เป็นปริญญาตรี ร้อยละ 60 สูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 40 โดยผู้ทดสอบส่วนใหญ่นิยมรับประทานอาหารเมนูเนื้อหมูทุกวันถึงร้อยละ 80 และ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 20 เชฟและผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เคยทานผลิตภัณฑ์จากหมูตุน ร้อยละ 90 และไม่เคยทานมีเพียง ร้อยละ 10 เมื่อแนะนำเมนูหมูตุนสำเร็จรูป โดยส่วนใหญ่เชฟและผู้เชี่ยวชาญจะเคยบริโภค เมนูก๋วยเตี๋ยวหมูตุน ร้อยละ 25.64 หมูตุนพะโล้ ร้อยละ 17.94 หมูตุนยาจีน ร้อยละ 15.39 หมูตุนน้ำแดง ร้อยละ 12.82 สตูหมู ร้อยละ 12.82 และข้าวหน้าหมูตุน ร้อยละ 15.39 ตามลำดับ

จากการสำรวจราคาผลิตภัณฑ์หมูตุนสำเร็จรูป 1 หน่วยบริโภคควรมีราคา 35 - 40 บาท ร้อยละ 10 ราคา 45 - 50 บาท ร้อยละ 40 ราคา 55 - 60 บาท ร้อยละ 40 และราคา 65 - 70 บาท ร้อยละ 10

จากที่ได้กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าผู้เชี่ยวชาญและเชฟส่วนใหญ่ นิยมรับประทานอาหารเมนู หมูทุกวันและเคยทานผลิตภัณฑ์หมูดุนถึงร้อยละ 90 และเมนูที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับที่ 1 คือ เมนูถ้วยเดียวหมูดุน ซึ่งตรงกับกับแบบสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคเนื้อหมู 100 คน (ภาคผนวก จ) สำหรับราคาของผลิตภัณฑ์หมูดุนสำเร็จรูป 1 ถูง ที่เชฟคิดว่าเหมาะสมอยู่ในช่วง 45-60 บาทซึ่งมีมูลค่าสูงกว่าเมนูหมูดุนทั่วไปตามท้องตลาดเล็กน้อย (ราคาประมาณ 30 – 50 บาท) ซึ่งเป็นราคาที่ผู้บริโภคสามารถจ่ายได้ทุกคน ทุกอาชีพ และทุกวัน เหมือนผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปตามท้องตลาดที่วางจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ และได้รับความสนใจถึงร้อยละ 81 ใน (ภาคผนวก จ)

จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและเชฟ กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์หมูดุนสำเร็จรูปนี้มีความน่าสนใจเชิงเศรษฐศาสตร์และธุรกิจ ที่สามารถนำไปต่อยอดเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในเมนูอาหารได้หลากหลาย เพราะผลิตภัณฑ์มีน้ำซุปรสชาติกลมกล่อมที่เคี้ยวได้ทีและเนื้อหมูดุนที่มีความนุ่มเหมาะต่อการบริโภคแล้ว สามารถนำไปปรุงแต่งรสชาติเพิ่มเติมได้และสามารถใช้งานได้ง่าย ช่วยลดเวลาในการเตรียมหมูดุนที่ต้องใช้เวลานาน โดยเพียงใช้การอุ่นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปนี้ในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาทีก็สามารถนำไปประกอบเมนูอาหารหรือรับประทานได้ทันที

ตารางที่ 4.13 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของหมูดุนสำเร็จรูป

ปัจจัย/คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย
สีของเนื้อดุน	7.30±0.82
กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์	7.50±0.71
รสชาติของผลิตภัณฑ์	7.50±0.85
ความนุ่มของเนื้อดุน	7.70±0.82
การยอมรับโดยรวม	7.70±0.48

หมายเหตุ: จำนวนผู้ทดสอบ 10 คน

จากตารางที่ 4.13 พบว่า เชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารให้คะแนนความชอบเฉลี่ย ในด้านของสีเนื้อดุน กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ รสชาติของผลิตภัณฑ์ ความนุ่มของเนื้อดุน และการยอมรับโดยรวม โดยใช้แบบสอบถามใน (ภาคผนวก ก) ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9 point hedonic scale เกณฑ์การให้คะแนนความชอบและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์หมูดุนสำเร็จรูป จากไม่ชอบมากที่สุด (1) ถึง ชอบมากที่สุด (9) โดยคะแนนที่ได้อยู่ในระดับ ชอบปานกลางโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง

7.30-7.70 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี อาจต้องมีการปรับปรุงในเรื่องของสี ให้มีคะแนนสูงขึ้น เนื่องจากการเคี้ยวเนื้อหมูเป็นระยะเวลานานทำให้เนื้อหมูมีสีที่ซีดจางลง แต่ความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดีเกือบถึงดีมาก แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปเป็นที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญและเซฟ

4.6 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูป

เมื่อนำผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูป ที่ผลิตได้จากการใช้สภาวะที่เหมาะสมในการตุ๋น คือใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง 33 นาที มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 15 วัน โดยนำตัวอย่างออกมาตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุกๆ 3 วัน ได้แก่ วันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน ตามลำดับ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูป

อายุการเก็บรักษา (วัน)	ผลวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)
0	(ไม่พบ)
3	(ไม่พบ)
6	(ไม่พบ)
9	(ไม่พบ)
12	2×10^1
15	3×10^1

จากตารางที่ 4.14 พบว่า ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปสามารถเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 15 วัน โดยวันที่ 15 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มี ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินค่ามาตรฐานของอาหารสำเร็จรูปพาสเจอร์ไรซ์ ที่กำหนดให้เป็น 1×10^6 cfu/g เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงสำหรับการพาสเจอร์ไรซ์และใช้ระยะเวลานานถึง 5 ชั่วโมง 33 นาที

จึงสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากโดยปกติแล้วการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์จะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนและเวลาที่ใช้ ซึ่งการให้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์จะใช้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 60-85 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เช่น การพาสเจอร์ไรซ์ตามครัวเรือนทั่วไปนิยมใช้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือการพาสเจอร์ไรซ์ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรมการผลิต นม นมผง น้ำผลไม้ ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เป็นต้น (วิไล, 2552)

นอกจากนี้ อาหารที่ใช้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าอาหารที่ใช้ความร้อนฆ่าเชื้อในระดับสเตอริไรซ์ (ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส) เนื่องจากการพาสเจอร์ไรซ์เป็นการใช้ความร้อนต่ำไม่ถึง 100 องศาเซลเซียส จึงสามารถทำลายเชื้อที่ก่อโรคในอาหารได้บางชนิดเท่านั้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงต้องเก็บในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ เช่น เนื้อไก่พาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 186.7 นาที สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน (Juming et al., 2018)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การคัดเลือกสูตรน้ำซุที่ใช้ในการตุ๋นเนื้อหมู คัดเลือกสูตรที่ใช้อัตราส่วนต่างๆ ของน้ำซุ เป็นน้ำร้อยละ 69.68 กระดูกสันหลังหมูร้อยละ 19.35 หัวไชเท้าร้อยละ 6.45 น้ำตาลกรวดร้อยละ 1.11 กระเทียมร้อยละ 0.72 ซีอิ้วขาวร้อยละ 0.73 รากผักชีร้อยละ 0.58 เกลือแกงร้อยละ 0.49 พริกไทยร้อยละ 0.39 ผงปรุงอาหารรสหมูร้อยละ 0.30 และผงชูรสร้อยละ 0.20 โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบของน้ำซุระหว่างชอบปานกลางถึงชอบมาก

5.1.2 ภาวะที่เหมาะสมในการทำหมุดุน โดยใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนองในการออกแบบพบว่า การใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง 33 นาที มีผลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์หมุดุน มีค่าความสว่าง 61.74 ค่าความเป็นสีแดง 10.42 ความเป็นสีเหลือง 17.48 ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 42.19 ค่าความแข็ง 117.51 นิวตัน และ ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว 21.71 นิวตัน ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองที่สภาวะดังกล่าว

5.1.3 ผลิตภัณฑ์หมุดุนสำเร็จรูปที่ขนาดบรรจุ 300 กรัม เมื่อนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยเชฟและผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหาร พบว่าได้รับความพอใจในคุณภาพด้านต่างๆ อยู่ในช่วงค่าคะแนนเฉลี่ย 7.3-7.7 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

5.1.4 ผลิตภัณฑ์หมุดุนสำเร็จรูปสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเป็นเวลาอย่างน้อย 15 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 3×10 cfu/g

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สามารถนำกระบวนการผลิตหมุดุนสำเร็จรูปไปใช้กับวัตถุดิบเนื้อประเภทอื่น เช่น เนื้อไก่ เนื้อวัว เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายขึ้น โดยใช้น้ำซุที่มีสูตรแตกต่างกันไป

5.2.2 ผลิตภัณฑ์หมุดุนสำเร็จรูปสามารถผลิตให้บรรจุในภาชนะบรรจุหลายๆ ขนาดเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- กองโภชนาการ. 2544. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: กองโภชนาการ.
- คมแข พิลาสมบัติ. 2559. **จุลชีววิทยาเนื้อสัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2559. **วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการอาหาร(เล่ม 1)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คราวุฒิ เกนุ้ย, สุวรรณมา ตปนียากรกช, มุกกรินทร์ แพรกนกแก้ว, พรณิกา ครโสภา, อรรถสิทธิ์ เกษรราช, สราญลักษณ์ พวงกนก, คีร์ริชเนสส์, อภิชาติ พิรุณรัมย์, เวชพงษ์ รัตนมาลี, นุชนันท์ ทักษิณำบัณฑิต. 2554. **ก๋วยเตี๋ยวแม่ขวัญข้าว**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์พรพิชชา พิมพ์ซึ่ง จำกัด.
- จำนงค์ นิรังสรรค์. 2551. **Thai Chefs**. 20. กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์ บริษัท ประชากร อินเตอร์พรีน จำกัด.
- จัญญ์ จันทลักษณ์. 2540. **สถิติวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชัยณรงค์ กันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ วัฒนาพานิช.
- ณัฐพล สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2561. “การใช้การชูวีร่วมกับความดันเพื่อการผลิตเนื้ออกไก่นุ่มสำหรับผู้สูงอายุ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทวีทอง หงส์วิวัฒน์, นิดา หงส์วิวัฒน์, ออบเชย อิ่มสบาย, ศิริลักษณ์ รอดยงค์, ธนิตาจินสันเทียะ, ณัฐยา เต็งมงคล และ สามารถ สุดโต. 2546. **ก๋วยเตี๋ยวเรือและก๋วยเตี๋ยวรสไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด.
- นิธิยา รัตนাপนนท์ และ วิบูลย์ รัตนูปนนท์. 2553. **สารพิษในอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

- นิธิยา รัตนานนท์. 2544. **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์.
- นิตดา หงส์วิวัฒน์, ทวีทอง หงส์วิวัฒน์, อบเชย อิ่มสบาย, ศิริลักษณ์ รอดยันต์, ธนิตาจินสันเทียะ, ณัฐยา เต็งมงคล, สามารถ สุดโต และ พิณศักดิ์ แก้วใหญ่. 2549. **กล้วยเดี่ยวเป็นอาชีพ**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด.
- บังอร บุญชู, นิภาพร และ กมลกาญจน์ จัญญาจัญญ์. 2551. **คุณค่าทางอาหารของน้ำซूप**. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2550. **วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ งานตำราและเอกสารการพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ราชอาณาจักรไทย.
- ปานมนัส ศิริสมบุญ. 2559. **การวัดเนื้อสัมผัสของผลผลิตทางการเกษตรและอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด มิน เซอร์วิส ซัพพลาย.
- ประชา บุญญศิริกุล และอรวินท์ ไทรกี. 2519. **อาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งราชอาณาจักรไทย.
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ เค.ยู.เพลส.
- วิไล รังสาดทอง. 2552. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ เท็กซ์แอนด์เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.
- ศิริลักษณ์ สิ้นขวาณิช. 2522. **ทฤษฎีอาหาร เล่มที่ 3 หลักการทดลองอาหาร**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เกษมศรี ซี.พี.
- สุทิดา เหวียนระวี. 2555. **หมูทำอะไรก็อร่อย**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ อมรินทร์.
- สุนิมาศ โนรี. 2553. **หลักการประกอบอาหารทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- อนุวัตร แจ่มชัด. 2549. **สถิติสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประยุกต์**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อนุวัตร แจ่มชัด. 2552. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม**. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Christensen, L.B., Ertbjerg, P., Aaslyng, M.D. and Christensen, M. 2011. Effect of prolonged heat treatment from 48°C to 63°C on toughness, cooking loss and color of pork. *Meat Science*. 88: 280-285.
- Andre, B., Annika, B., Sylvia, P., Anja, R. and Gunter, K. 2015. Low temperature, long time treatment of porcine *M. longissimus thoracis et lumborum* in a combi steamer under commercial conditions. *Meat Science*. 110: 230-235.
- Aidells, B., and Kelly, D. 1998. **The complete meat cook book**. New York: Houghton Mifflin books.
- AOAC. 2000. Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- Anonymous. 2005. **Design-Expert® 7 is released**. **Stat-Teaser**. News from Stat-Ease, Inc. Stat- Ease Corporation Publisher.
- Baldwin, D.E. 2012. Sous-vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 1: 15-30.
- Bendall, J. R., and Restall, D. J. 1983. The cooking of single myofibres, small myofibre bundles and muscle strips from beef *M. psoas* and *M. sternomandibularis* muscles at varying heating rates and temperatures. *Meat Science*. 8: 93–117.
- Btush, E. 1983. **The good cook pork**. U.S.A : Time life book.
- Cao, Y. and Gu, W. C.E. 2013. Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage. *International Journal of Food Chemistry*. 141: 1655-1660.
- Cerreti, M., Liburdi, K., Benucci, I. and Esti, M. 2016. The Effect of pectinase and protease treatment on turbidity and on haze active molecules in pomegranate juice. *International Journal of LWT - Food Science and Technology*. 76: 326-333.

- Christensen, L.B., Ertbjerg, P., Aaslyng, M.D. and Christensen, M. 2011. Effect of prolonged heat treatment from 48°C to 63°C on toughness, cooking loss and color of pork. *Meat Science*. 88: 280-285.
- Girard, L., Bruce, H.L., Basarab, J.A., Larsen, I.L. and Aalhus, J.L. 2012. Contribution of myofibrillar and connective tissue components to the Warner–Bratzler shear force of cooked beef. *Meat Science*. 92: 775–782.
- Hostetler, R. L., and Landman, W. A. 1968 . Photomicrographic studies of dynamic changes in muscle fiber fragments. 1. Effects of various heat treatments on length, width and birefringence. *Journal of Food Science*. 33: 468 – 475.
- Juming, T., Yoon, K.H., Sumeyye, I. and Frank, L. 2018. Microwave pasteurization for ready-to-eat meals. *Current Opinion in Food Science*. 23: 133-141.
- Lazic, Z. 2004. **Design of Experiments in Chemical Engineering**. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGAA, Weinheim.
- Laakkonen, E. , Sherbon, J. W., and Wellington, G. H. 1970. Low temperature, long-time heating of bovine muscle. *Journal of Food Science*. 35: 175–181.
- Li, Y., Li, C., Li, H., Lin, X., Deng, S. and Zhou G. 2016. Physicochemical and fatty acid characteristics of stewed pork as affected by cooking method and time. Oral Article *International Journal of Food Science and Technology*. 51: 359-369.
- Li, C.T. 2006. Myofibrillar protein extracts from spent hen meat to improve whole muscle processed meats. *International Journal of Meat Science*. 72: 581-583.
- Lovedeep, K., Elise, M., Derek R.H., Mike, J.B. and Harjinder, S. 2014. Microstructure and protein digestibility of beef: The effect of cooking conditions as used in stews and curries. *International Journal of LWT - Food Science and Technology*. 55: 612-620.
- Mohr, V., and Bendall, J. R. 1969. Constitution, physical and chemical properties of intramuscular connective tissue. *Nature*. 223: 404-405.
- Purslow, P.P. 2005. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*. 70: 435-447.
- Pearce, K.L., Rosenvold, K., Andersen, H.J. and Hopkins, D.L. 2011. Water distribution on mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on

fresh meat quality attributes –A review. *International Journal of Meat Science*. 89: 111-124.

Ranken, M.D. 2000. *Handbook of meat product technology*. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd.

Young, L.L. and Lyon, C.E. 1997. Effect of post chill aging and sodium tripolyphosphate on moisture binding properties, color and Warner-Bratzler shear value of chicken breast. *International Journal of Meat Science*. 90: 828-835.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ก-1. แบบสอบถามทัศนคติและความคิดเห็นเกี่ยวกับเมนูอาหารที่ทำจากเนื้อหมู

ตัวอย่างแบบสอบถาม

ลำดับที่.....

แบบสำรวจ

แบบสอบถามทัศนคติและความคิดเห็นเกี่ยวกับเมนูอาหารที่ทำจากเนื้อหมู

วัตถุประสงค์ : แบบสอบถามนี้จัดทำเพื่อสำรวจข้อมูลการบริโภคเนื้อหมูและการผลิตเมนูอาหารจากเนื้อหมูสำหรับการจัดและบริการอาหาร

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลหรือทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง หน้าคำตอบที่ท่านเลือก

ชื่อ.....

1.เพศ

ชาย

หญิง

2.อายุ

15-19 ปี

20-24 ปี

25-39 ปี

40-44 ปี

45-49 ปี

50-60 ปี

3.อาชีพ

นักศึกษา

ข้าราชการ

พนักงานรัฐวิสาหกิจ

ค้าขาย

พนักงานบริษัท

ธุรกิจส่วนตัว

รับจ้าง/ลูกจ้าง

อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

4.ระดับการศึกษา

ประถมศึกษา

มัธยมศึกษา/ปวช.

อนุปริญญา/ปวส.

ปริญญาตรี

ปริญญาโท

ปริญญาเอก

อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

5.รายได้ต่อเดือน

ต่ำกว่า 5,000 บาท

5,001-10,000 บาท

10,001-15,000 บาท

สูงกว่า 15,000 บาท

***** มีต่อด้านหลัง *****

6. ท่านชอบทานเนื้อหมูหรือไม่ (โปรดระบุ)

ชอบทาน เพราะ.....

ไม่ชอบทาน เพราะ.....

7. ถ้ามีการทำเมนูอาหารจากหมูตุน ท่านมีความสนใจหรือไม่ (โปรดระบุ)

สนใจ เพราะ.....

ไม่สนใจ เพราะ.....

8. ถ้ามีการทำเมนูอาหารจากหมูตุน ท่านมีความชื่นชอบเมนูใดจากหมูตุน (โปรดระบุอันดับที่ท่านชื่นชอบมา 3 อันดับโดยใส่ตัวเลข 1-3 ในช่อง

หมูตุนยจีน หมูตุนพะโล้ สตูหมู

ก๋วยเตี๋ยวหมูตุน หมูตุนน้ำแดง ข้าวต้มหมูตุน

9. ท่านยังมีเมนูอาหารที่ทำจากหมูตุนนอกจากนี้อีกหรือไม่ (โปรดระบุ)

.....

.....

10. ปัจจัยใดที่ทำให้ท่านมีความสนใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากหมูตุนสำเร็จรูป (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ราคา รสชาติ คุณค่าทางโภชนาการอาหาร

ระยะเวลาในการปรุงอาหาร แพ็คเก่งหรือบรรจุภัณฑ์ หาซื้อได้ง่าย

สะดวกต่อการรับประทาน ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ การโฆษณา

อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

11. สถานที่ที่ท่านนิยมมากที่สุด ในการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป

ห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ โลตัส บิ๊กซี ซูเปอร์มาเก็ตเช่น ท็อปส์ มินิบิ๊กซี

ร้านค้าสะดวกซื้อ เช่น 7-Eleven Family Mart อื่น ๆ (โปรดระบุ)

12. ท่านมีความสนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์หมูตุนสำเร็จรูปในการประกอบอาหารหรือไม่

สนใจ ไม่สนใจ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ก-3. แบบสอบถามทางความชอบทางประสาทสัมผัสของน้ำซุปรักหมูที่ถูกปรับปรุงสูตรแล้ว
แบบ 9 -Point Hedonic Scale

ตัวอย่างแบบสอบถาม

แบบสอบถาม

ผลิตภัณฑ์ : น้ำซุปรักหมู

วันที่.....ผู้ทดสอบ..... ชุดที่.....

คำแนะนำ : 1. ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 3 ตัวอย่าง

2. กรุณาอ่านคำชี้แจงก่อนทำแบบสอบถาม

3. ก่อนเริ่มทำแบบสอบถามกรุณาดื่มน้ำเปล่าและทานแครกเกอร์ก่อนทดสอบและ

ระหว่างการทดสอบการชิมตัวอย่าง

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบตามความรู้สึก ให้ตรงกับรหัสตัวอย่างสเกลความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	รหัส.....
สี	
กลิ่น	
รสชาติ	
ความใสของน้ำซूप	
ความชอบรวม	

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ก-4. แบบสอบถามทางความชอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูตุ๋น แบบ 9 -Point Hedonic Scale

แบบสอบถาม

ผลิตภัณฑ์ : เนื้อหมูตุ๋น

วันที่.....ผู้ทดสอบ..... ชุดที่.....

คำแนะนำ : 1. ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 3 ตัวอย่าง

2. กรุณาอ่านคำชี้แจงก่อนทำแบบสอบถาม

3. ก่อนเริ่มทำแบบสอบถามกรุณาดื่มน้ำเปล่าและทานแครกเกอร์ก่อนทดสอบและ

ระหว่างการทดสอบการชิมตัวอย่าง

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบตามความรู้สึก ให้ตรงกับรหัสตัวอย่างสเกล

ความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
ความนุ่ม			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ก-5. แบบสอบถามทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมุดันสำเร็จรูปโดยเซฟและผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้วิธีแบบ แบบ 9 -Point Hedonic Scale

เอกสารแนะนำแบบสอบถาม



แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

“ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับเวลาและความคิดเห็นอันมีค่าต่อการศึกษาและขอเรียนว่าข้อมูล
ส่วนตัวของท่านในแบบสอบถามนี้จะไม่ถูกนำไปเผยแพร่เพื่อการอื่นแต่อย่างใด”

นายพนทนต์ สายเป้า

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อหมูตุนสำเร็จรูป

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ-นามสกุล

1. เพศ ชาย หญิง

2. อายุ ต่ำกว่า 30 ปี 31- 40 ปี 41-50 ปี 51 ปี ขึ้นไป

3.อาชีพ / ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน

4. ประสบการณ์การทำอาหาร.....ปี

5. การศึกษา ต่ำกว่าปริญญาตรี ปริญญาตรี สูงกว่าปริญญาตรี อื่น ๆ.....

6. ความถี่ในการบริโภคอาหารเมนูจากเนื้อหมู ทุกวัน 1 ครั้ง/สัปดาห์ 2-3 ครั้ง/สัปดาห์

7. ท่านเคยกินผลิตภัณฑ์หมูตุนหรือไม่ เคย ไม่เคย

8. เมนูจากหมูตุนใดบ้างที่ท่านเคยบริโภค (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก๋วยเตี๋ยวหมูตุน หมูตุนพะโล้ หมูตุนยาจีน หมูตุนน้ำแดง สตูหมู

ข้าวหน้าหมูตุน อื่น ๆ.....

9. ท่านคิดว่าราคาหมูตุนต่อ 1 หน่วย บริโภคควรมีราคาเท่าไร

35 - 40 บาท 45 - 50 บาท 55 - 60 บาท 65 - 70 บาท 75 - 80 บาท

85 - 90 บาท อื่น ๆ.....

ส่วนที่ 2 คำแนะนำตัวผลิตภัณฑ์และวิธีการแปรรูป

ข้อมูลของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป ได้ผ่านกระบวนการตุ๋นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อลดระยะเวลาในการเตรียมอาหารและสะดวกต่อการใช้งานผลิตภัณฑ์ในธุรกิจการบริการอาหาร

วิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

แช่เย็นผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสไม่เกิน 7 วัน

วิธีการอุ่น

นำน้ำใส่ลงในหม้อขึ้นตั้งไฟรอน้ำร้อนอุณหภูมิ ประมาณ 80 – 85 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่ผลิตภัณฑ์ลงในหม้อน้ำที่ถึง อุณหภูมิประมาณ 20 - 30 นาที จากนั้นตัดปากถุงเทใส่ภาชนะบรรจุและทดสอบชิม

ส่วนที่ 3 การประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

คำชี้แจง : กรุณาให้คะแนนตรงกับความรู้สึกของท่าน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง
 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 = ชอบเล็กน้อย
 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

ปัจจัย / คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
สีของเนื้อหมู	
กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์	
รสชาติของผลิตภัณฑ์	
ความนุ่มของเนื้อหมู	
ความชอบ/การยอมรับโดยรวม	

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1) การวิเคราะห์ค่าสี

การวัดค่าสีระบบ Hunter Lab โดยใช้เครื่อง Minolta Color meter (CR-400) (Minotaco.,Ltd, Osaka, Japan) โดยการแสดงค่าสีเป็น L^* a^* และ b^*

ค่า L^* หมายถึง ค่าความสว่างของสี โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 100

ถ้าค่า L^* มีค่า 0 หมายถึงตัวอย่างมีลักษณะคล้ำหรือมืด (darkness)

ถ้าค่า L^* มีค่า 100 หมายถึงตัวอย่างมีลักษณะสว่าง (lightness)

ค่า a^* หมายถึง ค่าสีของตัวอย่างที่แสดงเป็นสีแดงและสีเขียว(redness/greenness)

ถ้าค่า a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึง ตัวอย่างมีลักษณะเป็นสีแดง (redness)

ถ้าค่า a^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างมีลักษณะเป็นสีเขียว (greenness)

ค่า b^* หมายถึง ค่าสีของตัวอย่างที่แสดงเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/blueness)

ถ้าค่า b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึง ตัวอย่างมีลักษณะเป็นสีเหลือง (yellowness)

ถ้าค่า b^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างมีลักษณะเป็นสีน้ำเงิน(blueness)

อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าสี Minolta Color meter (CR-400)

วิธีการ

1) ประกอบชิ้นส่วนของเครื่องวัดสีแล้วทำการ Calibration Plate เพื่อเทียบกับค่ามาตรฐานเพื่อความเที่ยงตรงในการวัดค่าสี

2) นำตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ได้จากการตุ๋นมาซับให้แห้งด้วยทิชชู จากนั้นนำหัวเครื่องวัดค่าสีทาบบนตัวอย่างชิ้นเนื้อจากนั้นทำการวัดค่าสี โดยแสดงในระบบ CIELAB (L^* , a^* , b^*) แต่ละชุดการทดลองวัด 3 ซ้ำ จดบันทึกหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture profile analysis (TPA) (Li, 2006)

ตาราง ข.1 การตั้งค่าของ TA-XT Plus setting : สำหรับเนื้อหมูตุ๋น

Mode	:	TPA
Pre-Test Speed	:	2.0 mm/s
Test Speed	:	1.0 mm/s
Post-Test Speed	:	10 mm/s
Distance	:	70 % strain
Trigger Type	:	Auto
Force	:	5 g

อุปกรณ์

- 1) หัววัดชนิด Stainless steel cylindrical No.50
- 2) ซ้อต่อยาว
- 3) ฐานเรียบ
- 4) ต้มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

วิธีการ

- 1) หั่นเนื้อหมูตุ๋น ให้มีขนาด 1.5×1.5×1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 2) ทำการวัดตามแนวขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ แต่ละชุดการทดลองวัด 5 ซ้ำ จดบันทึกหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 3) การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (Cooking loss) (ดัดแปลงจาก Young and Lyon, 1997)

อุปกรณ์

- 1) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

- 1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างชิ้นเนื้อหมูก่อนทำให้สุก

- 2) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้อหมูที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการตุ๋น
- 3) นำน้ำหนักที่ได้ ก่อนและหลังการให้ความร้อนมา คำนวณผลที่ได้ตามสูตรดังนี้

$$\% \text{ Cooking loss} = (W_b - W_a / W_b) \times 100$$

W_b = น้ำหนักตัวอย่างเนื้อก่อนทำให้สุก (weight of the before cooking, g)

W_a = น้ำหนักตัวอย่างเนื้อหลังทำให้ (weight of the after cooking, g)

4) การวิเคราะห์ค่าความขุ่น

อุปกรณ์

- 1) เครื่องวัดความขุ่น (Lovibond TurbiCheck)
- 2) หลอดใส่ตัวอย่างขนาด 10 ml
- 3) ปิเปต 10 ml
- 4) น้ำกลั่น

วิธีการ

- 1) นำหลอดเก็บตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้
- 2) ทำการ Calibration เครื่องวัดความขุ่นกับตัวอย่างความขุ่นที่ระดับต่าง ๆ เพื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน เพื่อความเที่ยงตรงในการวัดค่าความขุ่น
- 3) เทตัวอย่างน้ำซุปลงใส่กระชอนสแตนเลสจากนั้นทิ้งไว้ 20 นาที ให้ตกตะกอน และช้อนส่วนที่ใสไว้ในหลอดเก็บตัวอย่างให้เลยขีดที่หลอดเล็กน้อย
- 4) นำหลอดที่ใส่ตัวอย่างใสในช่องวัด โดยให้เครื่องหมายสามเหลี่ยมบนหลอดตรงกับเครื่องหมายสามเหลี่ยม ▲ บนเครื่อง ปิดฝาพลาสติกให้สนิทเพื่อไม่ให้แสงเข้า
- 5) จากนั้นกดที่ปุ่ม Read เพื่อวัดค่าในระหว่างการวัดเครื่องจะกระพริบประมาณ 8 วินาที จากนั้นจะแสดงผลการวัดในหน่วย NTU ทำการจดบันทึกเพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6) เมื่อทำการใช้เสร็จแล้วควรล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการเตรียมสำหรับการชิมผลิตภัณฑ์หมูตุ๋น

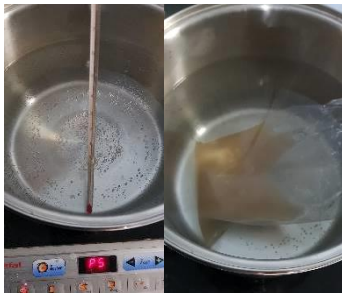
ขั้นตอนการเตรียมสำหรับการชิมผลิตภัณฑ์หมูตุ๋น



นำตัวอย่างออกจากตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



จากนั้นนำหม้อตั้งน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80-85 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่ตัวอย่างลงในหม้ออุ่น



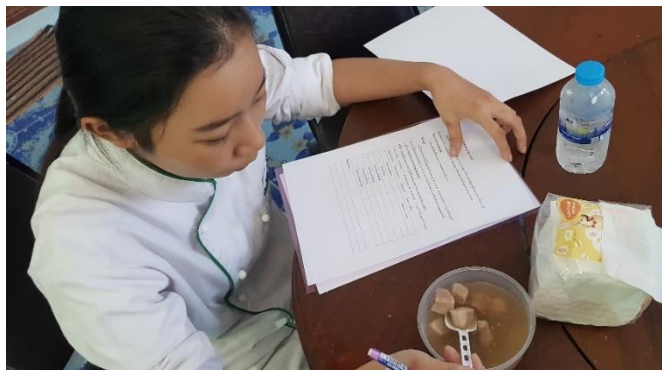
เป็นเวลา 20 นาที



จากนั้นตัดปากถุงเพื่อใส่กระชอนกรอง



นำตัวอย่างใส่ชามเสิร์ฟพร้อมแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญและเชฟชิม



รายชื่อเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารที่ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป

ตาราง ค.1 รายชื่อเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารที่ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์หมูต้นสำเร็จรูป

ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน	ประสบการณ์ การทำอาหาร
กัญรดา ทุมจรรยา	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	5
กฤษณ์รภัต ขุนแผน	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	5
ณัฐฐินันท์ สมบัติเจริญนนท์	เชฟ	โรงแรม โอกระ	5
ณัฐณี จีระลักษณกุล	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	10
ดวงรัตน์ เจริญดี	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	5
ชนาวัดน์ เกิดภู	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	7
ภาณุพงศ์ จันทร์หาญ	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	12
ศุภรีดี คงตระกูล	เชฟ	โรงแรม โอกระ	7
สาธิต เมืองสมบุญ	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	5
อนุชา ลีพิหาพงศธร	อาจารย์สอนทำอาหาร	มหาวิทยาลัย คุสิตธานี	12

หมายเหตุ ; รายชื่อเรียงตามลำดับตัวอักษร

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ ทางจุลชีววิทยา

1) การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด Total plate count (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

- 1) อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
- 2) เครื่องตีปั่นอาหาร Stomacher รุ่น AES Laboratoire ประเทศฝรั่งเศส
- 3) ตู้บ่มเชื้อ Incubator รุ่น Memmert be 500 ประเทศญี่ปุ่น
- 4) หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ Autoclave รุ่น Hiclvem ประเทศญี่ปุ่น
- 5) จานเลี้ยงเชื้อ
- 6) ปิเปต
- 7) หลอดทดลอง
- 8) กระจกตวง
- 9) อาหารเลี้ยงเชื้อ
- 10) น้ำกลั่น

วิธีการ

1) เตรียมสารละลายเจือจาง โดยนำตัวอย่าง มาชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้อหมูตุน 25 กรัม ซึ่งใช้ ซ้อนสแตนเลสฆ่าเชื้อแล้วตัดใส่ถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วสำหรับใช้ stomacher เติม diluent (0.85% normal saline) ลงไปประมาณ 100 มิลลิลิตร ตีปั่นนาน 1 นาที แล้วเติม normal saline ที่เหลืออีก 125 มิลลิลิตร ตีปั่นต่ออีก 30 วินาที จะได้ dilution 1 : 10 แล้ว ทำ dilution ต่อเป็น 10^{-1} , 10^{-2} , และ 10^{-3}

2) ปิเปตสารละลายเจือจางของผลิตภัณฑ์ที่ dilution 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ dilution ละ 3 จาน เท Plate count agar (ที่ 40 – 45 องศาเซลเซียส) ลงในจานเลี้ยงเชื้อประมาณจานละ 15 – 20 มิลลิลิตร pour plate แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กลับด้านจานเลี้ยงเชื้อ

3) นำจานเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส นาน 2 – 3 วัน ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ แล้วรายงานผลเป็นจำนวน โคโลนีต่อผลิตภัณฑ์ 1 กรัมและมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่ 1×10^6 cfu/g

ภาคผนวก จ

การทดลองเบื้องต้น

ผลการสำรวจจากแบบสอบถามทัศนคติของผู้บริโภคเนื้อหมูทำ single space 100 คน โดยทำการสุ่มกลุ่มเป้าหมายเป็นบุคคลทั่วไป โดยกำหนดช่วงอายุที่ 15-60 ปี ซึ่งเป็นช่วงวัยศึกษาถึงวัยทำงานเกี่ยวกับทัศนคติของการบริโภคเนื้อหมูในชีวิตประจำวันและความสนใจในการผลิตเนื้อหมูต้นสำเร็จรูปเพื่อใช้ทำเมนูอาหารจากหมูต้นในชีวิตประจำวัน และปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูต้นสำเร็จรูปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ จ.1 แสดงข้อมูลผู้เข้าร่วมทดสอบ

	ปัจจัยส่วนบุคคล	ร้อยละ
1.เพศ	ชาย	80
	หญิง	20
2.อายุ	15-19 ปี	8
	20-24 ปี	20
	25-39 ปี	40
	40-44 ปี	10
	45-49 ปี	8
	50-60 ปี	14
3.อาชีพ	นักศึกษา	23
	ข้าราชการ	10
	พนักงานรัฐวิสาหกิจ	1
	ค้าขาย	8
	พนักงานบริษัท	23

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) แสดงข้อมูลผู้เข้าร่วมทดสอบ

	ปัจจัยส่วนบุคคล	ร้อยละ
	ธุรกิจส่วนตัว	9
	รับจ้าง/ลูกจ้าง	19
	อื่นๆ	7
4. ระดับการศึกษา		
	ประถมศึกษา	9
	มัธยมศึกษา/ปวช.	43
	อนุปริญญา/ปวส.	8
	ปริญญาตรี	36
	ปริญญาโท	4
	ปริญญาเอก	0
	อื่น ๆ	0
5. รายได้ต่อเดือน		
	ต่ำกว่า 5,000บาท	11
	5,001-10,000 บาท	31
	10,001-15,000 บาท	26
	สูงกว่า 15,000 บาท	32

ตารางที่ จ.1.1 ข้อมูลทัศนคติความคิดเห็นจำนวน(คน) และร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง

	ปัจจัยส่วนบุคคล	ร้อยละ
1. ท่านชอบทานเนื้อหมูหรือไม่		
	ชอบทาน	85
	ไม่ชอบทาน	15
2. ถ้ามีการทำเมนูอาหารจากหมูตุน ท่านมีความสนใจหรือไม่		
	สนใจ	81
	ไม่สนใจ	19
3. ถ้ามีการทำเมนูอาหารจากหมูตุน ท่านมีความชื่นชอบเมนูใดจากหมูตุน (คิดเป็นผลรวมคะแนนตามระดับความชอบ)		

ตารางที่ จ.1.1 (ต่อ) ข้อมูลทัศนคติความคิดเห็นจำนวน(คน) และร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง

ปัจจัยส่วนบุคคล	ร้อยละ
เมนู	คะแนนที่ได้รับ
ก๋วยเตี๋ยวหมูตุ๋น	211
หมูตุ๋นพะโล้	152
หมูตุ๋นยาจีน	103
หมูตุ๋นน้ำแดง	38
ข้าวต้มหมูตุ๋น	63
สตูหมู	33
4.ปัจจัยใดที่ทำให้ท่านมีความสนใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากหมูตุ๋นสำเร็จรูป	
ราคา	17.60
รสชาติ	19.49
คุณค่าทางโภชนาการอาหาร	2.75
ลดระยะเวลาในการปรุงอาหาร	13.07
แพ็คเกจหรือบรรจุภัณฑ์	13.76
หาซื้อได้ง่าย	9.86
สะดวกต่อการรับประทาน	8.94
ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่	6.88
การโฆษณา	6.65
อื่น ๆ	0.91
5.สถานที่ที่ท่านนิยมมากที่สุด ในการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป	
ห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ โลตัส บิ๊กซี	35
ซูเปอร์มาร์เก็ตเช่น ท็อปส์ มินิบิ๊กซี	10
ร้านค้าสะดวกซื้อ เช่น 7-Eleven Family Mart	51
อื่น ๆ	4
6.ท่านมีความสนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์หมูตุ๋นสำเร็จรูปในการประกอบอาหารหรือไม่	
สนใจ	81
ไม่สนใจ	19

จากผลการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคใน ตารางที่ 4.2 พบว่าผู้บริโภคมีความความสนใจใน

เมนูหมุดันถึงร้อยละ 81 โดยเมนูที่ได้รับคะแนนสูงสุด คือ เมนูกล้วยเดี่ยวหมุดัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้รับมากำหนดเมนูอาหารที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์

ตารางที่ จ.2 ความพอดีของผลิตภัณฑ์น้ำซุปรักคอกหมูสูตรมาตรฐานที่แตกต่างกัน 3 สูตร (ผู้ทดสอบ 50 คน) หน่วยเป็นจำนวนคน (ร้อยละ)

ปัจจัยคุณภาพ	น้ำซุปรักคอกหมู สูตรที่ 1		น้ำซุปรักคอกหมู สูตรที่ 2		น้ำซุปรักคอกหมู สูตรที่ 3	
	ผู้ทดสอบ (คน)	ร้อยละ	ผู้ทดสอบ (คน)	ร้อยละ	ผู้ทดสอบ (คน)	ร้อยละ
	สี					
น้อยไป	17	34	10	20	1	2
พอดี	32	64	36	72	18	36
มากไป	1	2	4	8	31	62
กลิ่น						
น้อยไป	10	20	12	24	3	6
พอดี	36	72	33	76	18	36
มากไป	4	8	5	10	29	58
รสชาติ						
น้อยไป	14	28	12	24	20	40
พอดี	32	64	32	64	10	20
มากไป	4	8	6	12	20	40
ความใสของน้ำซूप						
น้อยไป	5	10	5	10	38	76
พอดี	41	82	40	80	11	22
มากไป	4	8	5	10	1	2
ความชอบรวม						
น้อยไป	8	16	6	12	1	2
พอดี	39	78	39	78	19	38
มากไป	3	6	5	10	30	60

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ-นามสกุล** นายนนทนันท์ สายเป้า
- วัน เดือน ปีเกิด** 8 มิถุนายน พ.ศ. 2535
- ประวัติการศึกษา** สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะโรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ปีการศึกษา 2557
- ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2557 และสำเร็จการศึกษา 2562
- การนำเสนอผลงาน** Saipao , N. and Kerdpiboon , S. 2018. Effect of Stewed Process on Qualities of Round Pork. **The International Conference on Food and Applied Bioscience 2018. Proceeding book.18(29):45-49**