การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

DEVELOPMENT OF CHINESE BRAISED BEEF OF CULLED STEER IN RETORT POUCH

ชัยวุฒิ กู้เมือง

Chaiwut Kumueang

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2563

KMITL -2020-AG-M-031-315

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

DEVELOPMENT OF CHINESE BRAISED BEEF OF CULLED STEER IN RETORT POUCH

ชัยวุฒิ กู้เมือง

Chaiwut Kumueang

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2563

KMITL -2020-AG-M-031-315

DEVELOPMENT OF CHINESE BRAISED BEEF OF CULLED STEER IN RETORT POUCH

Chaiwut Kumueang

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

KMITL -2020-AG-M-031-315

COPYRIGHT 2020

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์
นักศึกษา	นายชัยวุฒิ กู้เมือง
รหัสประจำตัว	60604040
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดี

บทคัดย่อ

งานวิจัยเล่มนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการศึกษาการแปรรูปเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ เริ่มต้นด้วยการศึกษาวัตถุดิบเริ่มต้นได้แก่ เนื้อโคขุนคัดทิ้ง เนื้อโคที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 2 และ 3 พบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งมีค่าแรงเฉือน ค่าน้ำหนักสูญเสียจากการแช่แข็ง น้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุก และมีการหดตัวของเนื้อหลังการปรุงสุกมากกว่าเนื้อโคขุนอีก 2 ชนิด ($P<0.05$) ในขณะที่เนื้อโคที่ได้จากซากโคเกรด 3 มีค่าการออกซิเดชันของไขมันมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพทางจุลินทรีย์ของเนื้อโคขุนคัดทิ้งเป็นไปตามมาตรฐานเนื้อโค มกอช. 6001-2547 และเครื่องยาจีนเป็นไปตามมาตรฐาน มผช. 678/2547 จากนั้นนำเนื้อโคขุนคัดทิ้งมาปรับปรุงสูตรเป็นเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีน พบว่า สูตรเนื้อโคตุ๋นยาจีนที่มีความเข้มข้นของซอสร้อยละ 6.5 ความเข้มข้นของน้ำตาล ร้อยละ 8.5 และระยะเวลาในการตุ๋น 2 ชั่วโมง มีค่าลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด ($P<0.05$) โดยความเข้มข้นของซอส และน้ำตาลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ในขณะที่ระยะเวลาในการตุ๋นส่งผลต่อค่าแรงเฉือน และลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม ได้แก่ค่าความแข็ง ค่าการเกาะติด ค่าความเหนียวคล้ายยาง ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวได้ โดยเมื่อระยะเวลาในการตุ๋นเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้มีค่าลดลง ($P<0.05$)

การศึกษาระดับการฆ่าเชื้อโดยมีค่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 8 10 และ 12 นาที พบว่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อตั้งแต่ 8 นาทีเป็นต้นไป สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อ โดยระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสว่าง ค่าองศาของสี ค่าความแข็ง ค่าความเหนียวคล้ายยาง และค่าความเคี้ยวได้ลดลง ($P<0.05$) แต่ค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า 10 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบมากที่สุด ($P<0.05$) โดยเฉพาะค่ากลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด

การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี - กายภาพ ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคที่ได้จากซากโคคัดทิ้ง และซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 2 และ 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ พบว่าเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนมี ค่าความแข็ง และค่าความเหนียวคล้ายยาง ต่ำที่สุด ($P<0.05$) และมีคุณภาทางประสาทสัมผัสเป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบมากที่สุด

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการเก็บรักษาปกติ พบว่า ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เสื่อมเสีย และก่อโรค แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพทางด้านเคมี – กายภาพของผลิตภัณฑ์ มีค่าความเป็นกรด - ด่าง ค่าความสว่าง ค่าความแข็ง และค่าแรงเฉือน ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา 12 เดือน ($P<0.05$) ในขณะที่ค่าการเกาะรวมตัว ค่าการออกซิเดชันของไขมัน และค่าการย่อยสลายของโปรตีนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ($P<0.05$) นอกจากนี้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตลอดการเก็บรักษา 12 เดือน ไม่มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ก่อนการเก็บรักษา ยกเว้นผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเครื่องเทศลดลงเล็กน้อย ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้จึงมีอายุการเก็บรักษาที่สภาวะปกติได้ไม่น้อยกว่า 1 ปี

การศึกษาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ พบว่า มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 200 กิโลแคลอรี่ ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค โดยเป็นพลังงานจากไขมันเพียง 45 กิโลแคลอรี่เท่านั้น ซึ่งพลังงานหลักส่วนใหญ่ที่ผู้บริโภคจะได้รับมาจากโปรตีน นอกจากนี้มีกรดมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน โดยเฉพาะกรดปาลมิโตเลอิก และกรดลิโนเลอิก อีกทั้งการบริโภคผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยจะทำให้ได้รับกรดอะมิโนที่จำเป็นเท่ากับครึ่งหนึ่งที่ควรได้รับต่อวันของผู้บริโภคที่มีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์นี้ควรบริโภคหนึ่งหน่วยต่อวันเนื่องจากคำนึงถึงปริมาณของโซเดียมและโคเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์

Thesis	Development of Chinese braised beef of culled steer in retort pouch
Student	Mr.Chaiwut Kumueang
Student ID	60604040
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2019
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Pussadee Tangwacharin
Thesis Co-advisor	Assoc. Prof. Dr.Supaluk Sorapukdee

ABSTRACT

The objective of this study to produce a Chinese braised beef of culled steer in retort pouch. Firstly, the effect of intramuscular fat levels (culled steer, 2, and 3 quality grade) on chemical composition and physical properties was investigated. The beef of culled steer was the highest shear force, thawing loss, cooking loss, and shrinkage, whereas the beef of quality grades 3 was the highest lipid oxidation ($P<0.05$). Microbiology quality was recognized with the requirement for Thai agricultural commodities and food standards (TACFS 6001-2004) and Thai industrial standards institute (TISI 678/2004).

For the second experiment, Chinese braised beef recipes were improved. Sauce 6.5%, sugar 8.5%, and cooking time 2 hours results in best of recipes of Chinese braised beef by sensory evaluation, includes appearance, texture, and overall acceptable ($P<0.05$). The lightness was decreased with the percentage of soy sauce and sugar increase ($P<0.05$). The browning index was increased with the percentage of soy sauce and sugar increase ($P<0.05$). On the other hand, shear force and texture profile were decreased with rised cooking time ($P<0.05$).

For the third experiment, the effect of sterility value (F_0 value = 8, 10 and 12 minutes) on qualities of Chinese braised culled steer beef in retort pouch was evaluated. The results found that thermal processing since F_0 value of 8 minutes heated to achieve commercial sterility. The physical quality, especially shear force, hardness gumminess and chewiness were decreased with increased F_0 value ($P<0.05$). On the other hand, cohesiveness increased with increased F_0 value ($P<0.05$). The product processed by F_0 value of 10 minutes had the best scores of spice odor, taste, texture, and overall acceptable ($P<0.05$).

For the fourth experiment, comparison of Chinese braised beef in retort pouch products, which is obtained from different beef quality consists of cull steer, intramuscular fat 2 and 3 level. The product produced from culled steer beef had the lowest shear force, hardness and gumminess and the highest sensory evaluation, includes taste, texture, and overall acceptable ($P<0.05$).

For the fifth experiment, the shelf life of product was studied under room temperature condition. The spoilage and pathogenic microorganism of product were not found throughout storage time for 12 months. The storage time was longer, it results in decreasing the pH, lightness, shear force, and hardness ($P<0.05$), whereas the lipid oxidation, proteolysis, and cohesiveness were increased ($P<0.05$). However, the sensory evaluation of the product was found that the increased storage time caused the spice odor of product was quite faded when compared with the control group. So, the shelf life of product was at least 1 year.

Finally, the nutrition of Chinese braised beef in retort pouch had the total amount of energy is 200 kilocalories per serving, which is energy from fat only 45 kilocalories. The monounsaturated fatty acid, and polyunsaturated fatty acid were found, especially palmitoleic acid and linoleic acid. A serving size of product gave a half amount of essential amino acids for requirement of consumers weighing 60 kilograms. However, this product should be consumed only one serving per day due to care sodium and cholesterol contents of product.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีโดยได้รับความกรุณาจากท่าน ผศ.ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ท่านได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยอย่างยิ่ง จึงก่อให้เกิดความสำเร็จตามเป้าหมายได้เป็นอย่างดี ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ รศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์ และ รศ.ดร.ศิริพร เรียบร้อย คิม กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ทุนสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาสตร์ วิจัยและนวัติกรรม (สกสว.) และ สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ที่อนุเคราะห์ให้งบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณ นายวิบูลย์ ไวยะสุรสิงห์ ที่อนุเคราะห์ให้วัตถุดิบรวมถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อวิทยานิพนธ์เล่มนี้แก่ข้าพเจ้า รวมทั้งขอขอบคุณ คุณณหทัย วิจิตโรทัย คุณจรรยา คงฤทธิ์ คุณสุภาพรรณ ศฤงฆาร และ คุณจันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง นักวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้คำชี้แนะความช่วยเหลือต่างๆ และถ่ายทอดความรู้ในการใช้เครื่องมือ รวมทั้งวิธีวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ แก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบคุณพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้า ที่คอยเป็นกำลังใจให้คำปรึกษา และรวมถึงการสนับสนุนทางด้านต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ เพื่อน และบุคคลต่างๆ ในคณะเทคโนโลยีการเกษตรที่คอยช่วยเหลือ และคอยเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมา

สุดท้ายนี้คุณงานความดีที่เกิดจากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน และประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบให้แด่ผู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปในอนาคต

นายชัยวุฒิ กู้เมือง

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย……...	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..	III
กิตติกรรมประกาศ……...	V
สารบัญ……	VI
สารบัญตาราง……...	XI
สารบัญภาพ……..	XIII
บทที่ 1 บทนำ……...	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……..	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงคของการศึกษา…….	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา...……	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา..……...	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา……..	3
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น……...	3
1.7 ข้อจำกัดของการศึกษา……..	3
1.8 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา……	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……...	4
2.1 เนื้อโคขุน……..	4
2.1.1 ลักษณะเนื้อโคขุน……..	4
2.1.2 การเกรดซากโคขุน……	4
2.1.3 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อสัตว์……..	9
2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสัตว์…….	11
2.2 สถานการณ์ของเนื้อโค…..……...	12
2.2.1 การผลิตและการตลาดเนื้อโคในประเทศไทย……	12
2.2.2 ตลาดผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคในประเทศไทย……...	13
2.2.3 ร้านค้าและห้างสรรพสินค้าที่เป็นที่นิยมในการจำหน่ายสินค้า……..	13
2.2.4 คู่แข่งต่อผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคขุน…….	13
2.3 การถนอมอาหารด้วยความร้อน……	14

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

2.3.1 การใช้ความร้อนในระดับต่ำกว่าจุดเดือด…….. 14

2.3.2 การใช้ความร้อนในระดับสูงกว่าจุดเดือด…….. 15

2.3.3 ผลของความร้อนต่อผลิตภัณฑ์…… 16

2.4 ผลิตภัณฑ์เนื้อตุ๋นยาจีน……...……... 19

2.4.1 ความหมายการตุ๋น……..…….. 20

2.5.1 วัตถุประสงค์ของการฆ่าเชื้อเชิงการค้า…….. 20

2.5.1 วัตถุประสงค์ของการฆ่าเชื้อเชิงการค้า…….. 20

2.5 สภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า…….. 21

2.5.1 วัตถุประสงค์ของการฆ่าเชื้อเชิงการค้า…….. 21

2.5.2 กระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์แก่ผลิตภัณฑ์อาหาร…….. 22

2.5.3 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์อาหาร……. 29

2.6 บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……... 34

2.6.1 วัสดุที่ใช้ผลิตถุงรีทอร์ท…… 34

2.6.2 ข้อดีของถุงรีทอร์ท…… 34

2.6.3 ข้อจำกัดของถุงรีทอร์ท…… 35

2.7 ผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์…… 36

2.7.1 การเสื่อมเสียจากบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท……. 36

2.7.2 สภาวะการเก็บรักษา…...…….. 40

2.8 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์…… 41

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย…….. 45

3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี…….. 45

3.2 วัสดุ-อุปกรณ์ และเครื่องมือ……. 46

3.3 ขอบเขตการทดลอง…….. 53

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพเนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งที่มีระดับไขมันแทรกแตกต่างกัน…… 53

3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า……. 58

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

3.3.4 การทดลองที่ 4 เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์..... 64

3.3.5 การทดลองที่ 5 การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์..... 65

3.3.6 การทดลองที่ 6 การวิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ (Nutritional quality)..... 67

บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย..... 68

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณภาพทางเคมี-กายภาพของเนื้อโคขุนคัดทิ้งและโคขุนที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ 3..... 68

4.1.1 คุณภาพทางเคมีของเนื้อสะโพกโคขุน..... 68

4.1.2 คุณภาพทางกายภาพของเนื้อสะโพกโคขุน..... 69

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า.... 73

4.2.1 ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ (initial load)..... 73

4.2.2 ปรับปรุงสูตรเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีน..... 74

4.3 การทดลองที่ 3 การออกแบบกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (Retort sterilization for pouch)..... 79

4.3.1 การบรรจุและปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ เพื่อหาน้ำหนักบรรจุ และระยะปิดผนึกที่เหมาะสม..... 79

4.3.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเชิงการค้าที่แตกต่างกันต่อการผลิตเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์..... 79

4.4 การทดลองที่ 4 การเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน คือ เนื้อโคขุนคัดทิ้ง และเนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ 3..... 86

4.4.2 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน..... 88

4.4.3 เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน..... 89

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.4.3 เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน……..	89
4.4.4 การทดสอบการปลอดเชื้อ (Sterility test) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ภายหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ……...	90
4.5 การทดลองที่ 5 ศึกษาการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในสภาวะเร่ง……	93
4.5.1 ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ต่อคุณภาพเคมี – กายภาพ……...	93
4.5.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ด้านคุณภาพทางชีวภาพ……...	101
4.5.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ด้านการประเมินทางประสาทสัมผัส……..	102
4.6 การทดลองที่ 6 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……..	103
4.6.1 การวิเคราะห์หาค่าพลังงาน ปริมาณสารอาหารที่ต้องการในชีวิตประจำวัน ปริมาณวิตามิน และปริมาณสารอาหารที่ต้องระวัง เช่น โซเดียม น้ำตาล และไขมัน ในผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุรีทอร์ทเพาซ์…….	103
4.6.2 การวิเคราะห์หาสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ องค์ประกอบของกรดไขมันและกรดอะมิโน……..	107
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง……..	112
5.1 สรุปผลการทดลอง……...	112
5.2 ข้อเสนอแนะ……	113
บรรณานุกรม……...	114

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก……	127
ภาคผนวก ก……....	128
ภาคผนวก ข……....	132
ภาคผนวก ค……....	138
ภาคผนวก ง……	143
ประวัติผู้วิจัย……	149

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แผนภูมิมาตรฐานคุณภาพซากของเนื้อโค……	8
2.2	ส่วนประกอบแร่ธาตุของเนื้อสัตว์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)……..	12
2.3	การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อทูน่าสดกับเนื้อทูน่าที่ได้รับการปรุงก่อนให้ความร้อนระดับการฆ่าเชื้อเชิงการค้า……	19
2.4	ค่าความทนทานความร้อน (ค่า D, Z) ของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋อง…...	29
2.5	สภาวะการใช้ความร้อนสำหรับการฆ่าเชื้อ ชนิดของอาหาร และวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์……...	36
4.1	คุณภาพทางเคมี-กายภาพเนื้สะโพก เปรียบเทียบระหว่างเนื้อโคขุนคัดทิ้ง เนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ เนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 3……....	72
4.2	การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียและก่อโรคในเนื้อโคและเครื่องยาจีน……...	73
4.3	การปนเปื้อนเชื้อ Coliforms และ *E. coli* ในเนื้อโคและเครื่องยาจีน……	74
4.4	คุณภาพเคมี-กายภาพในการปรับปรุงสูตรเนื้อโคคัดตุ๋นยาจีน (LS Mean)……	78
4.5	ผลของระยะเวลาในการฆ่าเชื้อในกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์…….	84
4.6	ผลของระยะเวลาในการฆ่าเชื้อในกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าต่อความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……...	84
4.7	คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนก่อนผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า……..	85
4.8	คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……	85
4.9	การทดสอบการปลอดเชื้อ (Sterility test) ของผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……..	86
4.10	การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพเนื้อโคขุนต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.11	การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพเนื้อโคขุนต่อความชอบทางด้านประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……..	92
4.12	การทดสอบการปลอดเชื้อ (Sterility test) ของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์เพาซ์……	92
4.13	การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธิการทดสอบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอรีทเพาซ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 เดือน……	103
4.14	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสะโพกตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์.....	105
4.15	ฉลากโภชนาการฉบับภาษาไทยของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……...	106
4.16	องค์ประกอบของกรดไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……	110
4.17	องค์ประกอบของกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……	111

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การตัดแต่งชิ้นส่วนหลักและชิ้นส่วนรอง……	5
2.2	ระดับความนุ่มของเนื้อโคที่ได้จากการตัดแต่งซาก…….	6
2.3	ระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ……	9
2.4	การเสียสภาพของโปรตีน……	14
2.5	ผลของ SDS-polyacrylamide gel electrophoresis patterns ของเนื้อปลาสดและโปรตีนของปลาที่ถูกให้ความร้อน……..	18
2.6	การผลิตอาหารในสภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า…….	21
2.7	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสปอร์และเวลาในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่และความสัมพันธ์ระหว่างค่า D value และความร้อนที่อุณหภูมิหนึ่ง……..	24
2.8	อุณหภูมิในช่วงหนึ่งที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle……...	25
2.9	การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* sp. โดยจุดบนกราฟมีค่า z – value คงที่ โดย (A) ความร้อนที่ให้กับสปอร์ชนิด 168, (B) ความร้อนที่ให้กับสปอร์ชนิด A163 และ (C) ความร้อนที่ให้กับสปอร์ชนิด IC4……..	27
2.10	การแทรกผ่านความร้อนและค่า F_0 ของแกงเผ็ดไก่ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์...	28
2.11	แสดงการถ่ายเทความร้อนแบบการนำและการถ่ายเทความร้อนแบบการพา…..	30
2.12	Experimental time temperature profile……...	31
2.13	เส้นกราฟที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบผสม……	32
2.14	การเสื่อมเสียรูปแบบต่างๆ ของอาหารกระป๋องที่มีจุลินทรีย์เป็นสาเหตุ……..	39
4.1	การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ F_0=8 (ก) F_0=10 (ข) F_0=12 (ค) กำหนดให้ อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อ (——) อุณหภูมิบริเวณจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ (— —) และ F_0 ระหว่างความร้อนที่ระยะเวลา ต่าง ๆ (- - -)……	80
4.2	ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……	93
4.3	ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……	94
4.4	ค่าการย่อยสลายโปรตีนกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค TCA – soluble peptide ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์ รีทอร์ทเพาซ์…….	95

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.5	ค่าความสว่าง (ก) ค่าสีแดง (ข) และค่าสีเหลือง (ค) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……	97
4.6	ค่าความสดใสของสี (ก) ค่าองศาของสี (ข) และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (ค) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์…..	98
4.7	ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมได้แก่ ค่า ค่าความแข็ง (ก) ค่าการเกาะรวมตัว (ข) ค่าความเหนียวคล้ายยาง (ค) ค่าความยืดหยุ่น (ง) และ ค่าความเคี้ยวได้ (ฉ) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์……	99
4.8	ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์….	101

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเนื้อโคเป็นเนื้อที่กำลังได้รับความนิยมในประเทศไทย โดยมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในปี 2560 ประมาณ 1.038 ล้านตัว หรือ 174.36 ล้านตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2559) เนื่องจากมีการส่งเสริมการเลี้ยงโคขุนจากทางภาครัฐ ที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตโคเนื้อ โดยเนื้อโคที่ผลิตได้จะใช้บริโภคในประเทศเกือบทั้งหมด ทั้งนี้เพราะมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรภายในประเทศ ซึ่งปัจจุบันการผลิตเนื้อโคขุนในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเนื่องจากราคาที่จูงใจให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงโคขุนเพิ่มขึ้น โดยสุระสิงห์ฟาร์ม เป็นฟาร์มโคขุนที่มุ่งเน้นผลิตเนื้อโคเกรดดีเยี่ยม โดยเนื้อโคขุนเกรดดีเยี่ยมจะต้องมีน้ำหนักตัว 650 – 700 กิโลกรัม ถึงจะสามารถขายให้แก่สหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อจำกัดได้ ส่งผลให้โคขุนคัดทิ้งที่มีน้ำหนักประมาณ 400 – 500 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 โดยจะต้องส่งโคขุนคัดทิ้งเข้าโรงเชือดเทศบาลเพื่อจำหน่ายโคขุนให้กับตลาดสดและร้านก๊วยเตี๋ยวกัปตันเกาเหลา แต่อย่างไรก็ตามจากการสอบถามผู้ประกอบการ ยังพบปัญหาการจำหน่ายเนื้อโคขุนชิ้นส่วนสะโพก สาเหตุเนื่องมาจากเนื้อส่วนสะโพกเป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่และมีลักษณะเนื้อที่ค่อนข้างเหนียว เนื่องจากมีเอ็น (Tendon) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) ในระดับสูง ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปแปรรูปอาหารประเภทตุ๋น (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2559) ในปัจจุบันผู้บริโภคต้องการความสะดวกสบายและรวดเร็วในการดำรงชีวิต ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะปิดสนิทชนิดอ่อนตัว (Retort pouch) สามารถตอบโจทย์และปัญหาดังกล่าวให้แก่ผู้บริโภคได้ เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นอาหารพร้อมรับประทาน (Ready-to-eat) ทำให้สะดวกสบายและรวดเร็วในการบริโภค มีรูปร่างและขนาดที่เอื้อต่อระบบขนส่ง อีกทั้งยังสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 1 ปี ซึ่งเหมาะสมต่อการผลิตในภาคอุตสาหกรรม แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ดังกล่าวต้องมีกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า (Comercial sterilization) ที่เหมาะสมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณภาพทางจุลินทรีย์ เนื่องจากต้องใช้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ในการทำลายสปอร์หรือจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและเน่าเสียตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีทันสมัย ให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีความสะดวกแก่การบริโภคที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้ตรงต่อเป้าหมายของสังคมปัจจุบันที่ต้องการความสะดวกและความรวดเร็วในการใช้ชีวิต

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้ง

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

1.2.3 เพื่อออกแบบกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์สะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่ได้จากระดับไขมันแทรกของโคขุนที่แตกต่างกัน

1.2.5 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1.3.1 ทราบความแตกต่างของเนื้อโคคัดทิ้ง และเนื้อโคที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3

1.3.2 สามารถพัฒนาสูตรเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีน (pre-cook) ให้เหมาะสมกับกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

1.3.3 สามารถพัฒนาเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาท์ที่มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.3.4 ทราบความแตกต่างระหว่างเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนที่มีระดับไขมันแทรกแตกต่างกัน

1.3.5 ทราบอายุการเก็บรักษาและสาเหตุการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่พัฒนาขึ้น ระหว่างการเก็บรักษา และสามารถกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ในสภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง)

1.3.6 ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญในผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตการวิจัย การวิจัยจะเริ่มทดลองจากการเปรียบเทียบระหว่างคุณสมบัติเคมีและกายภาพของเนื้อโค ได้แก่ เนื้อโคคัดทิ้ง เนื้อโคที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 จากนั้นทำการพัฒนาสูตรเนื้อโคตุ๋นยาจีนให้มีความยอมรับได้ทางประสาทสัมผัสที่ดีที่สุดจากผู้ประเมิน การทดลองถัดมาเป็นการออกแบบกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า การบรรจุ การปิดผนึก และระยะเวลาฆ่าเชื้อเชิงการค้าให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และคงคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้เหมาะสมที่สุด การทดลองถัดมาทำการเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยมีวัตถุดิบเนื้อโคขุนแตกต่างกัน จากนั้นศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) รวมทั้งศึกษาคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญในผลิตภัณฑ์

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.2.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้ง และเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ 3

1.2.2 ปรับปรุงสูตรเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

1.2.3 ศึกษาและออกแบบกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

1.2.4 เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่ได้จากเนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งและเนื้อสะโพกโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ 3

1.2.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

การศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale) เพียงเท่านั้น และเป็นการิจัยที่ได้รับเงินทุนวิจัยจากโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ Innovative House (สัญญาเลขที่ RDG6150031) ของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ร่วมกับ คุณวิบูลย์ ไวยสุระสิงห์ สุระสิงห์ฟาร์ม

1.7 ข้อจำกัดของการศึกษา

การพัฒนาสูตรเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ รวมถึงกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า เป็นเพียงการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ (laboratory scale) เพียงเท่านั้น หากมีการนำไปใช้ในระบบอุตสาหกรรม ควรมีการทวนสอบการฆ่าเชื้อเชิงการค้าใหม่

1.8 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา

“เนื้อโคขุน” คือ เนื้อโคที่ได้จากโคเลือดผสมสามสายพันธุ์ (ไทยบราห์มัน×พื้นเมือง×ชาร์โรเลส์) ที่มีอายุระหว่าง 2 ปี ถึง 2 ปี 9 เดือน และเข้าเชือดเมื่ออายุครบกำหนดและมีน้ำหนักมากกว่า 550 กิโลกรัมโดยไม่พบอาการบาดเจ็บ จากนั้นซากจะถูกคัดเกรดและบ่มเป็นระยะเวลา 14 วัน ก่อนการจำหน่าย

“เนื้อโคขุนคัดทิ้ง” คือ เนื้อโคที่ได้จากโคเลือดผสมสามสายพันธุ์ (ไทยบราห์มัน×พื้นเมือง×ชาร์โรเลส์) ที่มีอายุระหว่าง 2 – 2.6 ปี และเข้าเชือดโดยไม่ได้รับการเกรดซากเนื่องจากน้ำหนักไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดหรือน้อยกว่า 549 กิโลกรัม และหรือมีการบาดเจ็บและนำออกจำหน่ายโดยไม่ผ่านกระบวนการบ่ม

“เนื้อสะโพกโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2” คือ เนื้อที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกเกรด 2 โดยใช้การเกรดซากตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547) รายละเอียดเพิ่มเติมหน้า 52 ข้อ 3.3.1

“เนื้อสะโพกโคที่มีไขมันแทรกระดับ 3” คือ เนื้อที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกเกรด 3 โดยใช้การเกรดซากตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547) รายละเอียดเพิ่มเติมหน้า ข้อ 3.3.1

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เนื้อโคขุน

2.1.1 ลักษณะเนื้อโคขุน

เนื้อโคขุนจำแนกได้เป็น 6 ประเภท ดังที่ จุฑารัตน์ เศราฐกุล และคณะ (2552) ได้กล่าวไว้ดังนี้ (1) เนื้อโคขุนคุณภาพสูง (2) เนื้อโคขุนคุณภาพปานกลาง (3) เนื้อโคมัน (4) เนื้อโคพื้นเมือง (5) เนื้อโคแก่ (6) เนื้อโคนมขุน ซึ่งเนื้อโคขุนประเภทต่างๆ จะมีลักษณะและคุณภาพที่แตกต่างกัน อาทิ เนื้อโคที่มีความนุ่มมาก จะเป็นเนื้อที่มีไขมันแทรก (Marbling) ในเนื้อ และต้องผ่านการบ่มซากภายใต้อุณหภูมิ 0 – 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 – 7 วัน ในห้องเย็น เนื้อโคขุนคุณภาพปานกลาง เป็น เนื้อโคที่มีความนุ่มปานกลาง ไม่มีไขมันแทรกหรือไขมันแทรกน้อย ซึ่งเนื้อโคขุนอาจจะผ่านหรือไม่ผ่านกระบวนการบ่มซากก็ได้ โดยกล้ามเนื้อของเนื้อสัตว์ก็มีความเหนียวความนุ่มที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการเกรดซากขึ้น

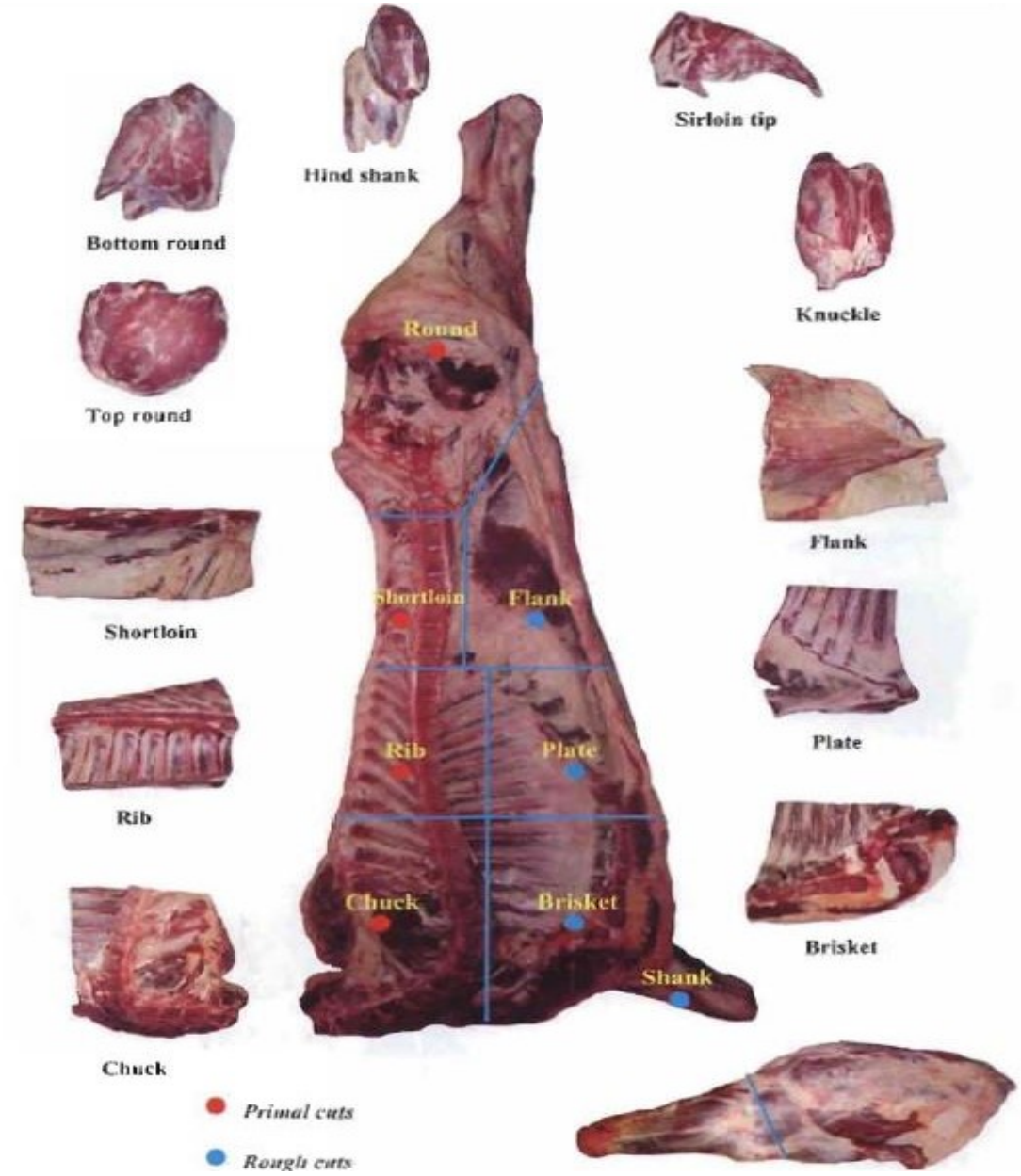
2.1.2 การเกรดซากโคขุน

ประโยชน์ของการแบ่งซากเพื่อนำชิ้นส่วนเนื้อแต่ละส่วนไปใช้ให้เหมาะสมต่อคุณลักษณะของกล้ามเนื้อนั้นๆ ซึ่งคุณภาพเนื้อที่ได้ในแต่ละชิ้นส่วนจะมีคุณประโยชน์ที่แตกต่างกัน ทำให้ราคาในแต่ละส่วนมีราคาที่แตกต่างกัน โดยการตัดแต่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การตัดแต่งหลักชิ้นส่วนหลัก และการตัดแต่งชิ้นส่วนรอง โดยการตัดแต่งชิ้นส่วนหลักจะประกอบไปด้วยสะโพก (Round) สันนอก (Short loin) สันนอกส่วนอก (Rib) และส่วนไหล่ตอนบน (Chuck) ส่วนชิ้นส่วนรองได้แก่ ส่วนพื้นท้อง (Flank) ส่วนพื้นอก (Plate) ส่วนขาหลัง (Shank) และเสือร้องไห้ (Brisket) (ดังภาพที่ 2.1) (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ ญานิน โอภาสพัฒนกิจ. 2548) ซึ่งในแต่ละชิ้นส่วนของเนื้อโคก็มีความนุ่มแตกต่างกันไปโดยแบ่งได้สามระดับดังนี้

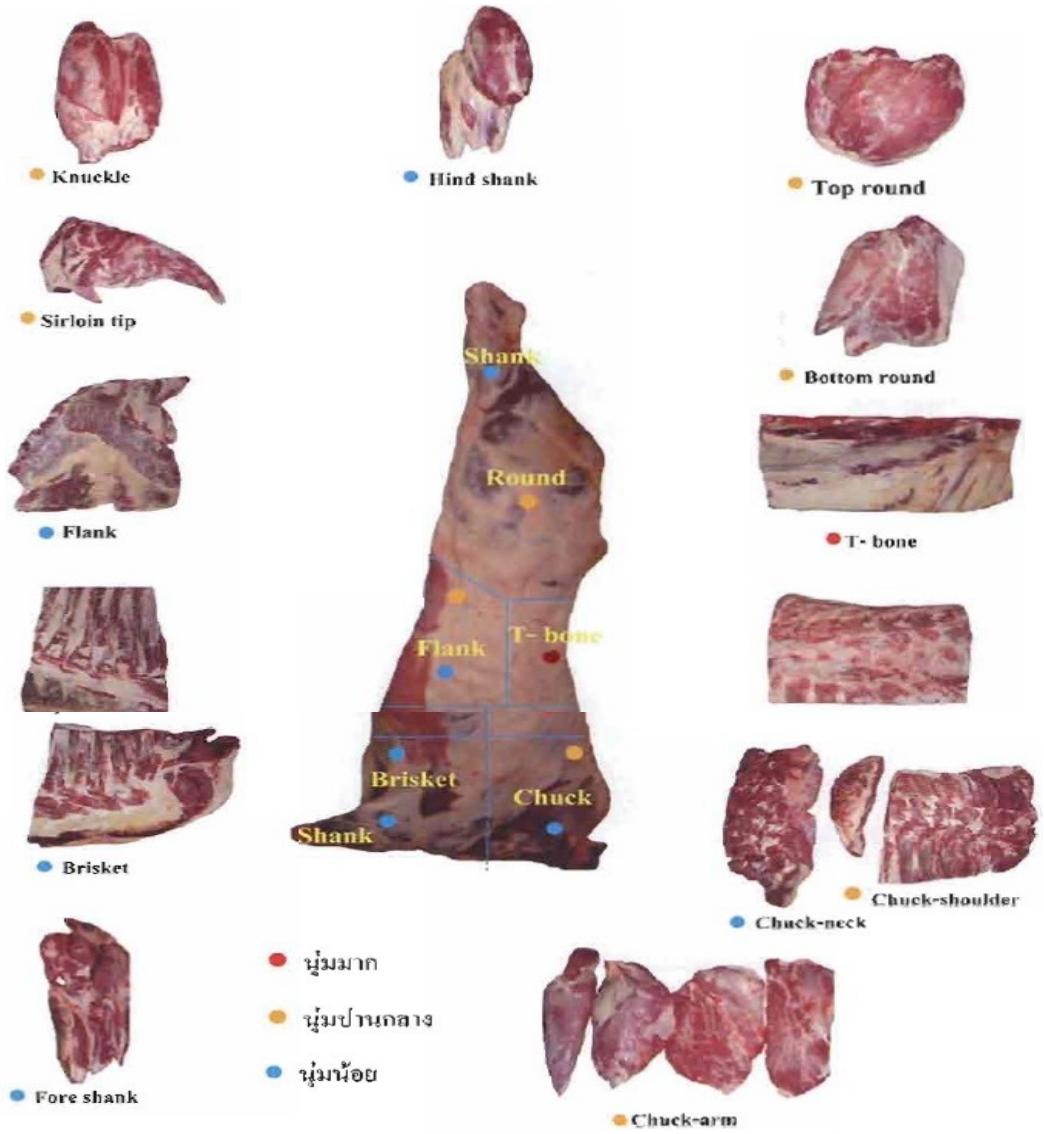
(1) นุ่มมาก ได้แก่ T – Bone และ สันนอกส่วนอก

(2) นุ่มปานกลาง ได้แก่ สะโพก (Round) พื้นท้อง (Flank) และ ส่วนไหล่ (Chuck – shoulder)

(3) นุ่มน้อย ได้แก่ พื้นท้อง (Flank) พื้นอก (Plate) เสือร้องไห้ (Brisket) ต้นขาหน้า (Fore shank) และต้นขาหลัง (Hind shank) (ดังภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.1 การตัดแต่งชิ้นส่วนหลัก (primal cuts) ชิ้นส่วนรอง (rough cuts)
ที่มา : จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ ญานิน โอภาสพัฒนกิจ (2548)



ภาพที่ 2.2 ระดับความนุ่มของเนื้อโคที่ได้จากการตัดแต่งซาก
ที่มา : จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และญานิน โอภาสพัฒนกิจ (2548)

จากภาพที่ 2.2 แสดงระดับความนุ่มของก้อนเนื้อสะโพกมีระดับความนุ่มปานกลาง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Moon (2006) ได้ทำการศึกษาผลของคุณภาพเกรดเนื้อและกล้ามเนื้อต่อปริมาณคอลลาเจน และความนุ่มของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และโปรตีนไมโอไฟบริลล่า จากการศึกษาพบว่า เนื้อส่วนสะโพกมีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดต่ำกว่าส่วนของเนื้อน่อง 5.53 และ 6.85 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ จากตำแหน่งกล้ามเนื้อทั้งหมด 6 ส่วน ทำให้มีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อสูงกว่าชิ้นเนื้อส่วนอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของของ Torrescano *et al.* (2003) กล่าวว่า ชิ้นเนื้อส่วนสะโพกมีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นเนื้อส่วนอื่นๆ สอดคล้องกับ Belew *et al.* (2003) ศึกษาการประเมินผลด้วยค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อของกล้ามเนื้อโคทั้ง 40 ตำแหน่ง และได้ทำการแบ่งเกรดความนุ่มของเนื้อโคด้วยค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อเป็น 4 แบบคือ นุ่มมาก นุ่ม

เหนียวปานกลาง และเหนียว ซึ่งมีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อได้แก่ น้อยกว่า 3.2 3.2 ถึง 3.9 3.9 ถึง 4.6 kgf และมากกว่า 4.6 kgf ตามลำดับ ผลปรากฏว่า เนื้อสะโพกอยู่ในเกณฑ์ เหนียวปานกลาง สาเหตุเกิดจากปริมาณและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ภายในเนื้อโค ซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยคอลลาเจนและอีลาสติน (Herper *et al.* 1999) นอกจากปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อสัตว์ที่จะเป็นตัวบ่งชี้ความเหนียวหรือความนุ่มของแต่ละกล้ามเนื้อแล้วยังพบว่าปริมาณไขมันแทรกเป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญเช่นกัน

2.1.2.1 การเกรดซากโดยใช้เกณฑ์ไขมันแทรก

ไขมันแทรก (Intramuscular fat) เป็นปัจจัยหนึ่งที่นำมาเป็นตัววัดคุณภาพซาก โดยเนื้อที่มีคุณภาพดีจะมีไขมันแทรกกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะกระจายอยู่ในบริเวณชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นใน (Perimysium) ที่ห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อในแต่ละมัด โดยพบว่าถ้าสัตว์ที่มีการเคลื่อนที่น้อย (กิจกรรมระหว่างวันต่ำ) จะพบการสะสมของไขมันแทรกได้มากกว่าสัตว์ที่มีการเดินมาก (กิจกรรมระหว่างวันสูง) อีกทั้งสัตว์ที่มีอายุมากขึ้นจะสามารถสะสมไขมันแทรกได้มากยิ่งขึ้น (Tyra *et al.* 2012) ซึ่งไขมันแทรกเป็นเกณฑ์หนึ่งที่สำคัญสำหรับผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อ โดยมีการวิจัยพบว่าเนื้อที่มีไขมันแทรกสูงผู้บริโภคจากหลากหลายประเทศจะยอมรับเนื้อสัมผัสได้ดีกว่าเนื้อที่มีไขมันแทรกน้อย (Liang. 2016) รวมทั้งเนื้อที่มีไขมันแทรกสูงจะทำให้มีราคาสูงขึ้นด้วย (Okumura *et al.* 2007) เนื่องจากระดับของไขมันแทรกเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มไม่หยาบกระด้าง (Corbin *et al.* 2015) ซึ่งสหกรณ์โครงข่ายโคเนื้อ จำกัด ในประเทศไทยได้อ้างอิงการเกรดซากโคตามประกาศมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547) ได้ลำดับมาตรฐานคุณภาพซากของเนื้อโคไว้ทั้งหมด 5 ระดับด้วยกันได้แก่ ชั้นดีเลิศ (Prime) ชั้นดีมาก (Choice) ชั้นดี (Select) ชั้นปานกลาง (Commercial) และชั้นพอใช้ (Utility) โดยได้ลำดับคะแนน 5 - 1 ตามลำดับ (ตารางที่ 2.1) (ภาพที่ 2.3)

(1) ชั้นดีเลิศ (Prime) หมายถึง เนื้อโคที่ได้จากโคขุนอายุไม่เกิน 36 เดือน ระดับไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 4 – 5 ไขมันมีสีขาว เส้นเนื้อค่อนข้างละเอียด และมีสีแดงสด (Bright red)

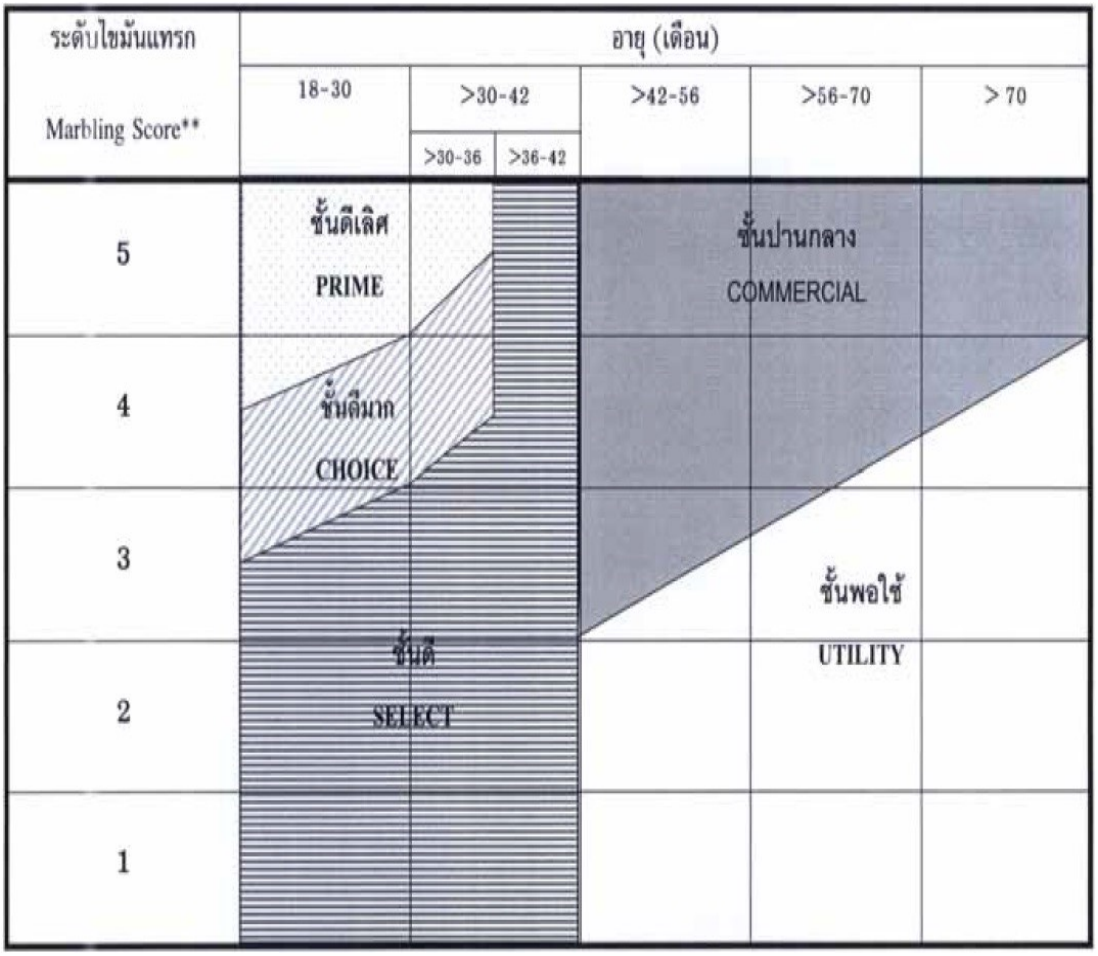
(2) ชั้นดีมาก (Choice) หมายถึง เนื้อโคที่ได้จากโคขุนอายุไม่เกิน 36 เดือน ระดับไขมันแทรกระหว่าง 2.5 ถึง 4.5 ไขมันมีสีขาวหรือสีครีม เส้นเนื้อค่อนข้างละเอียด และมีสีแดง (Red)

(3) ชั้นดี (Select) หมายถึง เนื้อโคที่ได้จากโคที่ผ่านการขุนหรือไม่ได้ผ่านการขุน และมีอายุไม่เกิน 42 เดือน ระดับไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 ไขมันสีครีมหรือสีเหลืองอ่อน เส้นเนื้อหยาบเล็กน้อย และมีสีแดงเข้ม (Slightly dark red)

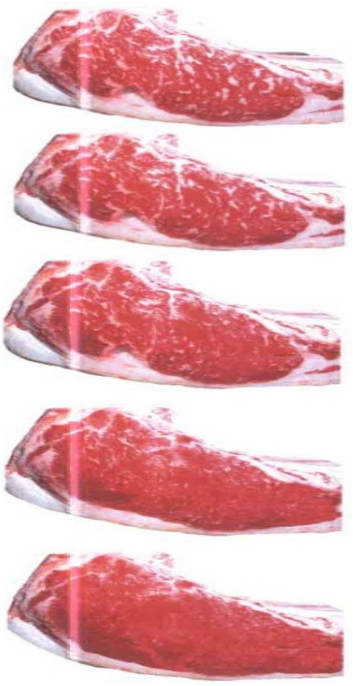
(4) ชั้นปานกลาง (Commercial) หมายถึง เนื้อโคที่ได้จากโคที่ผ่านการขุนหรือไม่ได้ผ่านการขุน และมีอายุมากกว่า 42 เดือน มีระดับไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 ไขมันมีสีเหลืองอ่อน เส้นเนื้อหยาบ และมีสีแดงคล้ำเล็กน้อย (Moderately dark red)

(5) ชั้นพอใช้ (Utility) หมายถึง เนื้อโคจากซากโคที่ไม่ได้ผ่านการขุน อายุมากกว่า 42 เดือน และมีระดับไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 ไขมันมีสีเหลืองอ่อน เส้นเนื้อหยาบและ มีสีแดงคล้ำ (Dark red)

ตารางที่ 2.1 แผนภูมิมาตรฐานคุณภาพซากของเนื้อโค



ที่มา : มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547)



ระดับไขมันแทรกที่ 5 (มาก)

ระดับไขมันแทรกที่ 4 (ปานกลาง)

ระดับไขมันแทรกที่ 3 (น้อย)

ระดับไขมันแทรกที่ 2 (น้อยมาก)

ระดับไขมันแทรกที่ 1 (ไม่มีเลย)

ภาพที่ 2.3 ระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (Marbling Score)
ที่มา : มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547)

2.1.3 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อสัตว์

เนื้อโคอยู่ในประเภทของเนื้อที่มีสีแดง (Red meat) เนื้อโคเป็นประเภทกล้ามเนื้อลาย ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเส้นยาว เรียกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) ซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

2.1.3.1 สีของเนื้อโค สีของเนื้อโคถือว่าเป็นเกณฑ์ที่สำคัญของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อ (Brugiapaglia and Destefanis. 2009) ซึ่งตลอดกระบวนการจัดการของเนื้อโคจนถึงมือผู้บริโภค สีของเนื้อโคมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้ส่งผลถึงการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคได้ (Kameník *et al.* 2014) เนื้อโคปกติมีสีชมพูจนถึงสีแดงออกม่วง ซึ่งจะแตกต่างกันตามประเภทของเนื้อโค เพศ และอายุของสัตว์ โดยมีผลหลักมาจาก Myoglobin pigment ที่อยู่ภายในกล้ามเนื้อของเนื้อโค โดยปริมาณของไมโอโกลบิลจะพบมากที่สุดในกล้ามเนื้อแดง ซึ่งเนื้อที่ผ่านการชำแหละและสัมผัสกับอากาศจะทำให้เนื้อเป็นสีชมพูสด เนื่องจากการทำปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับไมโอโกลบิลเกิดเป็นสารออกซิไมโอโกลบิน (Oxymyoglobin) (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536) โดยปริมาณไมโอโกลบินจะส่งผลต่อสีเนื้อ ซึ่งเนื้อโคจะมีปริมาณไมโอโกลบินมากกว่าเนื้อแกะ และเนื้อสุกรทำให้เนื้อโคมีสีเข้มกว่าสัตว์ชนิดดังกล่าว นอกจากนี้เนื้อโคในสัตว์ชนิดเดียวกันแต่มีอายุแตกต่างกันจะมีปริมาณไมโอโกลบินในเนื้อที่แตกต่างกัน ซึ่งเนื้อที่ได้จากสัตว์ที่มีอายุมากกว่าจะมีสีเนื้อที่เข้มกว่า (ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2549) นอกเหนือไปจากนี้เนื้อโคที่มีการบ่ม (Aging) จะพบว่ามีค่าความสว่าง และค่าสีแดงเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Wyrwisz *et al.* 2016)

2.1.3.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อบอกได้ถึงคุณสมบัติของโปรตีนที่มีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างของกล้ามเนื้อ ซึ่งความสามารถในการอุ้มน้ำมีความสัมพันธ์กันกับโปรตีนในเนื้อสัตว์ ลักษณะเนื้อสัมผัส การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหลังจากการแปรรูป ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความนุ่มของเนื้อและความชุ่มฉ่ำของเนื้อ (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536) โปรตีนสามารถจับน้ำได้ เนื่องจากโมเลกุลในโปรตีนกล้ามเนื้อเป็นสารที่มีความเป็นประจุสูงส่งผลให้จับโมเลกุลของน้ำไว้ได้อย่างดีด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ทำให้เนื้อสามารถอุ้มน้ำได้ ดังนั้นน้ำส่วนนี้จะไม่ไหลออกมา ตราบใดที่โปรตีนไม่เกิดการเสียสภาพไป เช่น การให้ความร้อนกับโปรตีน หรือการปรับค่าความเป็นกรด – ด่าง เป็นต้น ทำให้พันธะไฮโดรเจนที่ทำหน้าที่ยึดเกาะของโครงสร้างถูกทำลาย (Asalyng *et al*. 2003) ทำให้ค่าประจุขั้วบวกและประจุขั้วลบมีปริมาณเท่ากัน เรียกสภาวะนี้ว่า Isoelectric point (pI) ทำให้น้ำที่อยู่ในโปรตีนกล้ามเนื้อหลุดออกมาได้อย่างอิสระ ทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างของเนื้ออยู่ที่ประมาณ 5.0 เมื่อเนื้อมีประสิทธิภาพในการจับน้ำต่ำลงส่งผลให้เกิดการสูญเสียความชื้นสูงทำให้น้ำหนักลดลง (กรมปศุสัตว์. 2553)

2.1.3.3 การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก (Cooking loss) การสูญเสียน้ำหนักหลังจากการให้ความร้อนจะมีความสัมพันธ์กับโปรตีนในเนื้อสัตว์ เนื่องจากภายในเส้นใยโปรตีนของเซลล์กล้ามเนื้อมีน้ำเป็นองค์ประกอบ เมื่อเนื้อสัตว์ได้รับความร้อนจะทำให้เกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ (Denatured) โดยความร้อนจะทำลายพันธะของเซลล์กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ยึดเกาะโครงสร้างโมเลกุล Triyannanto and Lee (2015) พบว่า การให้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานต่อเนื้อจะยิ่งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากยิ่งขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนไมโอฟิบริลลามากขึ้น ซึ่งโปรตีนในเนื้อสัตว์จะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 57 – 75 องศาเซลเซียส (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2554) เมื่อโปรตีนหดตัวจะทำให้น้ำที่อยู่ภายในโครงสร้างโมเลกุลหลุดออกมาส่งผลให้เนื้อแห้งและมีน้ำหนักน้อยลงระหว่างการปรุง

2.1.3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) ปัจจัยหลักที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส คือ การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนภายหลังการฆ่า ปริมาณและชนิดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน อีกทั้งไขมันก็ยังพบว่ามีบทบาทต่อความนุ่มของชิ้นเนื้อเมื่อนำชิ้นส่วนที่มีไขมันมาปรุงสุกและรับประทานจะทำให้ได้ความรู้สึกชุ่มฉ่ำ (Juiciness) โปรตีนจะเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการฆ่า เกิดจากการที่กล้ามเนื้อแข็งและเกร็งตัว มีสาเหตุมาจากซาร์โคเมียร์เกิดการหดตัวทำให้เนื้อเกิดความเหนียวขึ้น แต่ถ้าซาร์โคเมียร์ยืดตัวจะทำให้เนื้อนุ่ม ซึ่งการยืด และหดของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับแอคติน (Actin) ซึ่งการยืด และหดตัวของแอคตินขึ้นอยู่กับพลังงานในรูป ATP ที่ได้มาจากกระบวนการหายใจนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย เมื่อสัตว์ถูกฆ่าทำให้ไม่มีออกซิเจนเข้ามาสร้าง ATP ส่งผลให้แอคตินจับติดกับไมโอซิน (Myosin) ทำให้เกิดความเหนียวขึ้น (McCormick. 1994)

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสัตว์

2.1.4.1 โปรตีน มีองค์ประกอบที่มีปริมาณรองลงมาจากน้ำคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 20 – 22 โปรตีนในเนื้อจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ โปรตีนในเส้นใยย่อย (Myofibrillar protein) เป็นองค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการยืดและการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยมีโปรตีนที่สำคัญก็คือ แอคตินและไมโอซิน (กรมปศุสัตว์. 2553) ซาร์โคพลาสมิก (Sarcoplasmic protein) เป็นโปรตีนละลายน้ำได้ ซึ่งมีโปรตีนหลากหลายชนิดเป็นส่วนประกอบ ซึ่งส่วนใหญ่จะทำหน้าที่เกี่ยวกับการผลิตพลังงาน โปรตีนที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ ไมโอโกลบิล (Myoglobin) ฮีโมโกลบิล (Hemoglobin) กลุ่มสุดท้าย คือโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue protein) มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ เป็นโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำหน้าที่เกี่ยวกับส่งสารเคมีที่ควบคุมการเคลื่อนไหวการหดตัวของโปรตีนเส้นใยย่อยไปยังโครงร่างของร่างกาย ทำให้โปรตีนกลุ่มนี้มีความเหนียว และแข็งแรงมาก โปรตีนที่สำคัญในกลุ่มนี้ อาทิ คอลลาเจน (Collagen) เป็นต้น

2.1.4.2 ไขมัน องค์ประกอบของไขมันจะกระจายตัวอยู่ในมัดกล้ามเนื้อ และบริเวณชั้นใต้ผิวหนังซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะต่างๆ ได้ ดังนี้

(1) ไขมันภายในมัดกล้ามเนื้อ (Intramuscular fat หรือ Marbling) อยู่ในชั้นเพอริไมเซียมของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน จะเห็นได้ว่าแทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อสังเกตได้ด้วยตาเปล่า มีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ จะกระจายภายในชิ้นเนื้อ

(2) ไขมันที่อยู่ระหว่างมัดกล้มเนื้อ (Intermuscular fat) พบที่ชั้นอีพิไมเซียมของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งจะอยู่บริเวณรอบนอกของมัดกล้ามเนื้อ

(3) ไขมันใต้ผิวหนัง (Subcutaneous fat) พบได้ที่เหนือชั้นอีพิไมเซียมของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยไขมันชั้นนี้มีหน้าที่ในการป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย (เยาวลักษณ์ 2536)

ส่วนประกอบของไขมันที่สำคัญ อาทิ ฟอสโฟลิปิด (Phospholipids) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) คอเลสเตอรอล (Cholesterol) รวมถึงวิตามินที่ละลายในไขมัน (A, D, E และ K) กรดไขมันในสัตว์ส่วนใหญ่จะเป็นประเภทอิ่มตัว ไขมันในสัตว์จะมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายที่สำคัญอยู่ เช่น กรดลิโนเลนิก กรดอะราชิโดนิก กรดลิโนเลอิก เป็นต้น (McCormick. 1994)

2.1.4.3 คาร์โบไฮเดรต ในเนื้อสัตว์จะพบอยู่เพียงร้อยละ 1 ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ ไกลโคเจน และกรดแลคติค (สัญชัย จตุรสิทธา. 2550)

2.1.4.4 แร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) เหล็ก (Fe) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) และแมกนีเซียม (Mg) ดังตารางที่ 2.2 โดยในเนื้อสัตว์ถือได้ว่าเป็นแหล่งที่ดีของธาตุฟอสฟอรัสและเหล็กแต่ให้แคลเซียมในปริมาณที่ต่ำมาก เมื่อให้ความร้อนแก่เนื้อสัตว์เพื่อทำให้สุกนั้น พบว่ายังคงพบแร่ธาตุส่วนใหญ่โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุเหล็กจะไม่สูญเสียสภาพ (ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529)

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบแร่ธาตุของเนื้อสัตว์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)

ชนิดเนื้อ	% Ash	Ca	P	Fe	Na	K	Mg
เนื้อโค	0.8	11	171	2.8	65	355	18
เนื้อสุกร	1.2	9	17	2.3	70	285	18
เนื้อแกะ	1.2	10	147	1.2	75	295	15
เนื้อลูกโค	1.0	11	193	2.9	90	320	15

ที่มา : ชัยณรงค์ คันธพนิต (2529)

2.1.4.5 วิตามิน ในเนื้อสัตว์จะมีวิตามินที่สามารถละลายได้ในน้ำมากซึ่งจะพบอยู่ในส่วนของเนื้อแดง ซึ่งปัจจัยของวิตามินในเนื้อสัตว์จะมีหลายประการ เช่น ชนิดสัตว์ อายุ ความอ้วน และลักษณะการให้อาหาร (ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529)

2.2 สถานการณ์ของเนื้อโค

2.2.1 การผลิตและการตลาดเนื้อโคในประเทศไทย

(1) การผลิต ในปี 2557 – 2561 การผลิตโคเนื้อของไทยเพิ่มขึ้นอัตราร้อยละ 2.55 ต่อปี โดยในปี 2560 - 2561 มีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นอัตราร้อยละ 1.94 เนื่องจากราคาโคเนื้อที่สูงขึ้นในปี สาเหตุเนื่องมาจาก มีการเพิ่มขึ้นตามธรรมชาติของแม่พันธุ์โคเนื้อ อีกทั้งทางภาครัฐส่งเสริมเกษตรกรให้หันมาเลี้ยงโคเนื้อเป็นหลัก โดยจัดตั้งกองทุน FTA เพื่อพัฒนาโคเนื้อ - โคนม รองรับการเปิดเสรีการค้าไทย - ออสเตรเลีย - นิวซีแลนด์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562a)

(2) การตลาดของเนื้อโคในประเทศไทยในปี 2557 – 2561 มีความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 0.08 ต่อปี ภายในปี 2561 คาดว่ามีปริมาณการบริโภคเนื้อโค 211.85 พันตัน ซึ่งอัตราการบริโภคที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากผู้บริโภคยังคงนิยมบริโภคเนื้อโคในรูปแบบชาบูหรือปิ้งย่างทำให้ความต้องการบริโภคเนื้อโคภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

การนำเข้าและการส่งออกโค ในปี 2557 – 2561 การส่งออกโคมีชีวิตของไทยเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 0.58 ต่อปี โดยส่วนใหญ่จะส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน คือ สาธารณะประชาชนลาว และมาเลเซีย การนำเข้าในปี 2557 – 2561 มีการนำเข้าโคมีชีวิตของไทยลดลงอัตราร้อยละ 1.33 ต่อปี

โดยราคาที่เกษตรกรขายได้ในปี 2557 – 2561 โคมีชีวิตที่เกษตรกรขายได้ลดลงในอัตราร้อยละ 1.52 ต่อปี เนื่องจากมีปริมาณการส่งออกโคมีชีวิตน้อย ถึงแม้ว่าความต้องการบริโภคยังมีอย่างต่อเนื่อง และสาเหตุจากภาวะเศรษฐกิจที่ซบเซา ความต้องการบริโภคจึงต่ำส่งผลให้ราคาเนื้อโค (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2562b)

2.2.2 ตลาดผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโคในประเทศไทย

เนื้อโคพื้นเมืองของประเทศไทยจะมีลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อละเอียด มีไขมันน้อย ซึ่งจะมีคุณค่าทางด้านโภชนาการด้านสุขภาพค่อนข้างสูง ซึ่งสามารถขยายโอกาสทางการตลาด โดยจะต้องเน้นที่การเชื่อมโยงเป็นโครงข่ายระหว่างเกษตรกรผู้เลี้ยง (ต้นน้ำ) จนถึงโรงงานตัดแต่งและแปรรูปที่ได้มาตรฐาน (ปลายน้ำ) จะทำให้ได้เนื้อที่มีคุณลักษณะที่ดี ปลอดภัย และได้ผลิตภัณฑ์ทางด้านเนื้อโคที่หลากหลายเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภค (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ. 2552)

2.2.3 ร้านค้าและห้างสรรพสินค้าที่เป็นที่นิยมในการจำหน่ายสินค้า

การจำหน่ายสินค้านับเป็นปัจจัยสำคัญในการทำธุรกิจอย่างหนึ่งเพื่อให้ได้ผลกำไรต่อธุรกิจ โดยปัจจุบันมีร้านสะดวกซื้อและห้างสรรพสินค้ามากมายที่เป็นที่นิยมในการจับจ่ายซื้อขายของผู้บริโภค

ร้านสะดวกซื้อ เป็นร้านค้าที่มีการผสมผสานระหว่างร้านค้าปลีกกับซุปเปอร์มาร์เก็ต แต่มีขนาดเล็กกว่า มีสินค้าให้เลือกมากมายพอๆ กับห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ เช่น อาหารสำเร็จรูป อาหารแช่แข็ง เครื่องดื่ม เป็นต้น ซึ่งร้านสะดวกซื้อแบบนี้จะมีการแข่งขันกันระหว่างร้านสะดวกซื้อขนาดเล็กด้วยกันเอง ที่มีการใช้ระบบแฟรนไชส์ในการทำธุรกิจ เช่น ร้านสะดวกซื้อ 7 – eleven, Family mart, Big C express และ Lotus express เป็นต้น ซึ่งข้อดีของกิจการร้านสะดวกซื้อขนาดเล็กก็คือมีบริการตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าสะดวกสบายต่อผู้บริโภค (อทิตา คุณเจริญ. 2558)

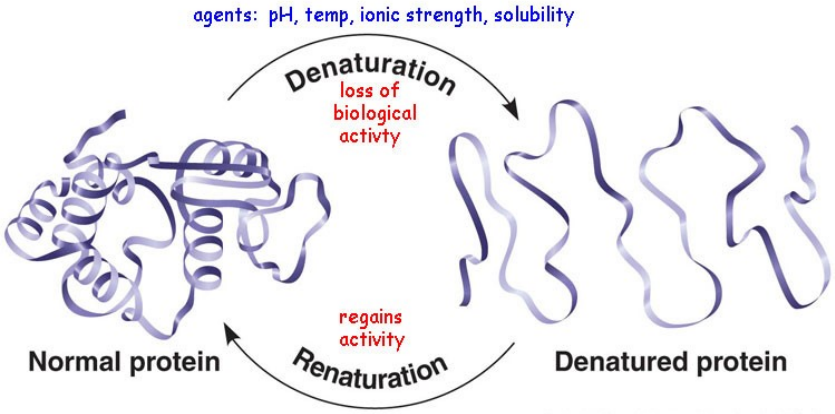
ห้างสรรพสินค้า เป็นศูนย์การค้าให้บริการของการค้าปลีกรูปแบบหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตของผู้บริโภค เนื่องจากรูปแบบของศูนย์การค้าในปัจจุบันจะมีลักษณะการให้บริการแบบครบวงจร เป็นสถานที่รวมสินค้าหลากหลายอย่าง ผู้บริโภคสามารถหาซื้อสินค้า และเข้ารับบริการต่างๆ ได้ครอบคลุมทุกด้าน ประหยัดเวลาในการจับจ่ายใช้สอยนอกจากนี้ยังมีสถานบันเทิง และมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ อย่างครบครันอีกด้วย

2.2.4 คู่แข่งต่อผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อโค

ในประเทศไทยส่วนมากนิยมขายเนื้อโคมากกว่านำมาแปรรูป ทั้งนี้เพราะว่า เนื้อโคในประเทศไทยมีจำนวนน้อย ผู้บริโภคนิยมรับประทานเนื้อมากกว่าแปรรูป ดูได้จากร้านค้าสไตล์ปิ้งย่างต่างๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน จากที่กล่าวมายังคงมีผู้ประกอบการบางรายได้นำเนื้อโคหรือเศษเนื้อโคมาแปรรูปอยู่ อาทิ PK beef ที่นำเนื้อโคมาปรุงรสและทำเนื้อวัวพร้อมรับประทาน โดยมีรายการดังนี้ เนื้อต้มยำ เนื้อโคขุนตุ๋นฮ่องเต้ ไส้กรอกเนื้อโค ลูกชิ้นเนื้อวัว นอกเหนือจาก PK Beef ยังมี บริษัท มีนา ฟู้ดส์ จำกัด บริษัทแฮปปี้แลนด์ มีท ซัพพลาย จำกัด บริษัทไรด้าฟาร์ม บริษัท ไบโอ เฟรส ฟู้ดส์ เป็นต้น ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ มีความคล้ายคลึงกันในแต่ละบริษัท

2.3 การถนอมอาหารด้วยความร้อน

การใช้ความร้อนในกระบวนการผลิตอาหาร (Thermal processing) คือหนึ่งในวิธีการถนอมอาหาร โดยความร้อนจะสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและทำให้อาหารเสื่อมเสีย อีกทั้งยังสามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพได้ โดยการใช้ความร้อนกับเนื้อสัตว์จะทำให้โปรตีนในเนื้อสัตว์เสียสภาพธรรมชาติโดยจะทำลายโปรตีนที่เป็นโครงสร้างเกิดการสูญเสียรูปร่าง α-helix และ β-sheets ทำให้โปรตีนเกิดการคลายเกลียว (ภาพที่ 2.4) สาเหตุจากพันธะถูกทำลาย ซึ่งปฏิกิริยาระหว่างโซ่ของโปรตีนประกอบด้วย ปฏิกิริยาพันธะไฮโดรเจน พันธะไดซัลไฟด์ และปฏิกิริยาไฮโดรโฟบิก หรือปฏิกิริยาระหว่างหมู่ที่ไม่มีประจุ เมื่อโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ ส่วนที่มีประจุลบ และส่วนที่ไม่มีมีประจุเพิ่มมากขึ้นทำให้โปรตีนจึงมีสมบัติการละลาย การเกิดเจล สมบัติการเป็นอิมัลซิฟายอิง สมบัติไฮโดรโฟบิซิตี และความหนืดดีขึ้น (Fennema. 1996)



ภาพที่ 2.4 การเสียสภาพของโปรตีน
ที่มา : Fennema (1996)

2.3.1 การใช้ความร้อนในระดับต่ำกว่าจุดเดือด

การใช้ความร้อนในระดับนี้เป็นระดับพาสเจอไรส์สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้บางส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ผลิตภัณฑ์เนื้อที่นิยมใช้ความร้อนระดับนี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเกลือ เช่น ไส้กอรก แฮม และเบคอน เป็นต้น โดยทั่วไปทำให้เนื้อสุกจนกระทั่งอุณหภูมิภายในของชิ้นเนื้ออยู่ประมาณ 65-70 องศาเซลเซียส ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาหรือจำหน่าย การใช้ความร้อนที่ระดับนี้จะช่วยรักษาความชื้นในอาหาร ส่งผลต่อความนุ่ม และความชุ่มน้ำของเนื้อ ช่วยรักษาคุณภาพทางโภชนาการที่ความไวต่อการใช้ความร้อน

2.3.2 การใช้ความร้อนในระดับสูงกว่าจุดเดือด

การใช้ความร้อนในระดับนี้เป็นระดับสเตอริไลซ์ ความร้อนจะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสีย ผลิตภัณฑ์ไม่ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ความร้อนที่ระดับสูงกว่าจุดเดือดนี้จำเป็นต้องใช้น้ำช่วยทำให้อุณหภูมิในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อสูงกว่าจุดเดือด แต่การให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์มีผลเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อ และมีผลต่อคุณภาพด้านอื่น เช่น สี และกลิ่นรส การให้ความร้อนสูงถึง 120 องศาเซลเซียส มีผลให้สารประกอบที่ให้กลิ่นรส เช่น Inosine-5'-mnophosphate (IMP) และ Hypoxanthine ในเส้นใยกล้ามเนื้อมีปริมาณลดลงอย่างชัดเจน (Vani *et al.* 2006)

Palka (1999) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและคอลลาเจนที่ละลายน้ำได้ภายในมัดกล้ามเนื้อโค *M. semitendinosus* ในระหว่างการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80, 90, 100 และ 120 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเริ่มเกิด granulation ระหว่างเพอริไมเซียม และซาร์โคเลมมา ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และพบการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ขึ้นไป จนทำให้กล้ามเนื้อแต่ละมัดรวมตัวกันที่อุณหภูมิ 80-120 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณคอลลาเจนจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยคอลลาเจนจะเกิด gelatinization ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในมัดกล้ามเนื้อจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคอลลาเจนภายในกล้ามเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการทำให้สุก และลักษณะเนื้อสัมผัส

เมื่อเนื้อโคขุนได้ผ่านกระบวนการฆ่า และกระบวนการเปลี่ยนกล้ามเนื้อเป็นเนื้อสัตว์แล้ว ลักษณะของเนื้อโคในส่วนต่างๆ จะไม่เหมือนกัน อาทิเช่น เส้นใยกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อความเหนียวนุ่มต่อการรับประทาน รวมทั้งไขมันแทรกที่มีอยู่ภายในกล้ามเนื้อก็จะแตกต่างกัน ทั้งนี้กระบวนการปรุงอาหารต้องเลือกเนื้อโคให้เหมาะสมเพื่อความคุ้มค่า และตรงตามความเหมาะสมกับการนำชิ้นเนื้อไปใช้ประโยชน์ (จีรวัฒน์ เหรียญอารีย์ และคณะ. 2552) เรียบเรียงโดย จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และพรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ

ความร้อนในระหว่างการปรุงอาหารจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อสัตว์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์ดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับเวลาในการปรุงอาหาร และอุณหภูมิในการปรุงอาหารดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ปกติแล้วความเหนียวที่เกิดขึ้นจะเกิดจากการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนในกล้ามเนื้อสัตว์ ในขณะที่ส่วนที่นุ่มนั้นก็จะถูกไฮโดรไลซีสออกมานั่นก็คือคอลลาเจนที่อยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันกลายเป็นเจลาติน (Stabursvik and Martens. 1980) ซึ่งคอลลาเจนจะเริ่มเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส สำหรับสัตว์ที่มีอายุน้อย และอายุมากตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นคอลลาเจนจะสูญเสียสภาพธรรมชาติไปทำให้พันธะของคอลลาเจนที่ต่อกันเป็นรูปโซ่หลุดออกมา และไม่เกิดการพันกันเหมือนเดิม (Aberle and Mills.

1983) ซึ่งในลักษณะเช่นนี้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เป็นสาเหตุทำให้เนื้อเหนียวหลุดออกมาภายนอกกล้ามเนื้อของสัตว์จึงเป็นสาเหตุให้เนื้อนุ่มขึ้นได้ เพราะฉะนั้นวิธีที่ทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันของสัตว์สูญเสียสภาพธรรมชาติไปจึงมีความเหมาะสมที่นำมาปรุงเพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่เนื้อสัตว์ได้

2.3.3 ผลของความร้อนต่อผลิตภัณฑ์

ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและใช้ระยะเวลานานจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี กายภาพ สูญเสียสารอาหาร และลักษณะทางประสาทสัมผัสแก่ผลิตภัณฑ์ (Awuah *et al*. 2007) ซึ่งผลของความร้อนต่อผลิตภัณฑ์มีดังนี้

2.3.3.1 ผลของความร้อนต่อลักษณะทางด้านกายภาพ

(1) ค่าสี การเปลี่ยนแปลงของสีส่วนหนึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน และบางส่วนที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เกิดจากการไหม้ (Caramelization) ของคาร์โบไฮเดรตในเนื้อสัตว์ ซึ่งในระหว่างการทำให้เนื้อสุกสีเนื้อจะเปลี่ยนจากสีแดงเข้มเป็นสีชมพู ชมพูอมเทา และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนในที่สุด โดยการเปลี่ยนแปลงของสีดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับการเสื่อมสภาพของโปรตีนไมโอโกลบินโดยผลจากการตรวจวัดค่าสีจะพบว่าการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางด้าน ความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) (Pakula and Stamminger. 2012) ซึ่งสีของเนื้อสัตว์ที่ผ่านความร้อนจะเปลี่ยนแปลงมากน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และเวลาที่ให้ความร้อนโดยเฉพาะอุณหภูมิระหว่าง 42 และ 56 องศาเซลเซียส จะเป็นอุณหภูมิที่เกิดการสูญเสียน้ำมากทำให้ไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ถูกขับออกมา ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสีเนื้อ อีกทั้งมีงานวิจัยการเปรียบเทียบระหว่างโปรตีนฮีโมโกลบินกับโปรตีนไมโอโกลบิน จะให้ความคงตัวต่อความร้อนที่เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิที่ทำให้เสียสภาพของสีคือ 65 – 80 องศาเซลเซียส (Martens *et al.* 1982) Hughes *et al.* (2014) พบว่า เมื่อใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำในการปรุงเนื้อ (45 – 67 องศาเซลเซียส) จะทำให้เกิดการตกตะกอนโปรตีนภายในน้ำทำให้น้ำที่ตกตะกอนมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการปรุงเนื้อที่อุณหภูมิสูง (67 – 79 องศาเซลเซียส) ซึ่งจะทำให้น้ำที่ต้มเนื้อมีสีที่เข้มขึ้น โดยเชื่อว่าสีของน้ำที่เปลี่ยนแปลงนั้นอาจเกี่ยวข้องกับการตกตะกอนของโปรตีนและโครงสร้างอื่นๆ

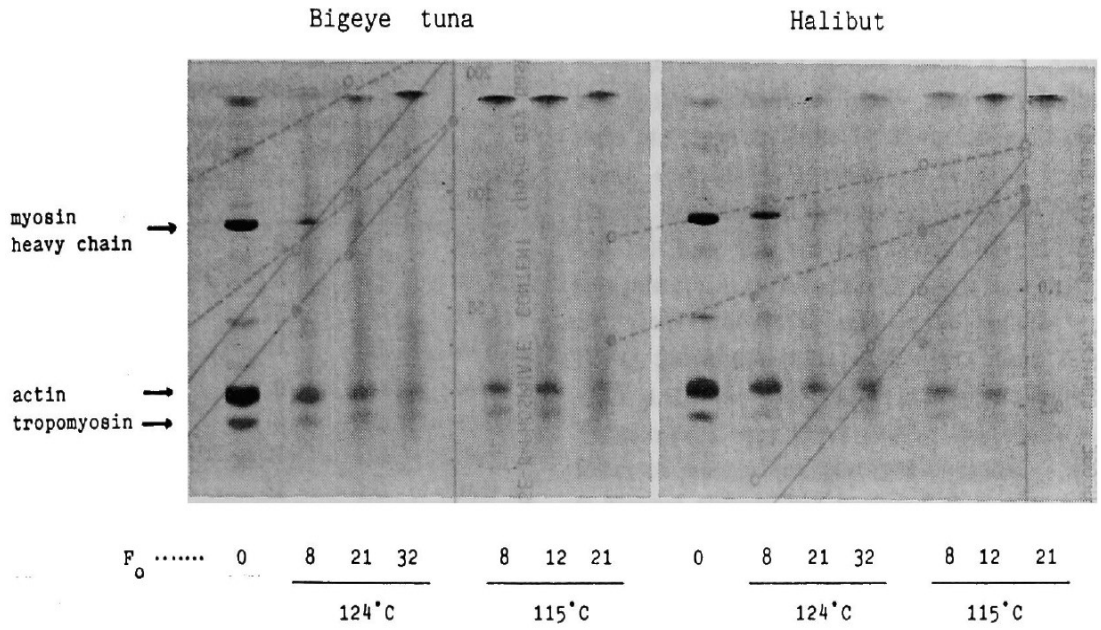
(2) ค่าความเป็นกรด - ด่าง ความร้อนจะส่งผลต่อผลต่อค่าความเป็นกรด - ด่าง ของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเมลลาดที่ไม่ใช่เอมไซม์ของกรดอะมิโนและน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ ซึ่งปฏิกิริยาเมลลาดจะช่วยลดค่าความเป็นกรดด่างในผลิตภัณฑ์ (Liu *et al.* 2008) สอดคล้องกับงานของ Triyannanto and Lee (2015) ศึกษาผลิตภัณฑ์ไก่ตุ๋นบรรจุถุงรีทอร์ทเพาช์ โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิและตำแหน่งของกล้ามเนื้อไก่ ซึ่งอุณหภูมิต้มไก่ก่อนรีทอร์ท คือ 50 65 85 องศาเซลเซียส 30 นาที และ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.90 6.80 6.60 และ 6.80 ตามลำดับ ซึ่งผลของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นบวกกับระยะเวลาที่นานจะทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส นาน 30

นาทีมีค่าพีเอชที่ต่ำที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Vasanthi *et al*. (2006) ศึกษาผลของการใช้อุณหภูมิแก่เนื้อควายที่อุณหภูมิ 80 – 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 – 60 นาที พบว่ามีค่าความเป็นกรดมากขึ้น โดยให้เหตุผลว่า ความร้อนอาจทำให้เกิดการสูญเสียกลุ่มของอะมิโนอิสระได้ โดยการปรุงอาหารที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณของไฮโดรเจนซัลไฟด์เริ่มเพิ่มมากขึ้นและจะยิ่งเพิ่มมากยิ่งขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

(3) การสูญเสียน้ำหนัก เมื่อมีการให้ความร้อนต่อชิ้นเนื้อจะทำให้ส่งผลถึงโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุกจะเพิ่มขึ้นมากในช่วง 45 องศาเซลเซียส ถึง 75 – 80 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส จะเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุกลดลง (Hughes *et al*. 2014) Rhee *et al.* (2004) ได้ทำการทดลองนำเนื้อทั้ง 11 ส่วน มาปรุงสุกจากนั้นวัดค่าต่างๆ พบว่าค่าความฉ่ำน้ำของเนื้อส่วน *biceps femoris* เป็นส่วนที่มีความฉ่ำน้ำน้อยที่สุด และส่วนที่มีความฉ่ำน้ำมากที่สุดคือเนื้อส่วน *infraspinatus* และ *Psoas major* สอดคล้องกับการศึกษาของ Sikes and Tume (2013) ได้ทำการศึกษาหาค่าความแตกต่างของชิ้นเนื้อที่ต้มในน้ำและการให้ความร้อนแบบใช้แรงดัน พบว่า การต้มด้วยความร้อนจะมีการสูญเสียน้ำมากกว่า (อุณหภูมิ 76 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักร้อยละ 31) การให้ความร้อนแบบใช้แรงดัน (อุณหภูมิที่ 76 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักร้อยละ 7)

2.3.3.2 ผลของความร้อนต่อลักษณะทางด้านเคมี

(1) โปรตีนกล้ามเนื้อ เมื่อให้ความร้อนแก่เนื้อสัตว์จะทำให้โครงสร้างภายในโปรตีนกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงไป โดยไมโอซินและแอคตินในเนื้อจะเสียสภาพธรรมชาติที่อุณหภูมิระหว่าง 40 ถึง 80 องศาเซลเซียส (Ishiwatari *et al.* 2013) ซึ่งช่วงอุณหภูมินี้จะมีผลต่อการสูญเสียโครงสร้างของโปรตีนกล้ามเนื้อมากกว่าอุณหภูมิของกระบวนการรีทอร์ทที่ 121 องศาเซลเซียส Tanaka and Kimura (1988) ได้ศึกษา ผลของความร้อนที่อุณหภูมิ 115 และ 124 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า F_0 = 8 12 21 และ 32 นาที ตามลำดับ ที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบรรจุถุงรีทอร์ทเพาซ์ พบว่า เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ในแถบของ myosin heavy chain จะไม่ปรากฏในทุกค่า F_0 และในแถบของแอคตินและโทรโปไมโอซิน จะค่อยๆ ลดลงเมื่อค่า F_0 เพิ่มมากขึ้น และเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส พบว่ามีการสูญเสียโปรตีนต่ำกว่าการให้ความร้อนที่ 115 องศาเซลเซียส แสดงในรูปที่ 10 เนื่องมาจาก การให้อุณหภูมิสูง 124 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาที่สั้นกว่าเพื่อที่จะให้บรรลุเป้าหมายการฆ่าเชื้อเชิงการค้าเมื่อเปรียบเทียบกับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียสที่จะใช้เวลามากกว่า



ภาพที่ 2.5 แสดงผลของ SDS-polyacrylamide gel electrophoresis patterns ของเนื้อปลาสดและโปรตีนของปลาที่ถูกให้ความร้อน

ที่มา : Tanaka and Kimura (1988)

(2) โปรตีนที่ละลายในน้ำ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์จะทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไปและจะมีบางส่วนที่ละลายปนออกมาในน้ำซึ่งจะทำให้น้ำมีค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้น Palka (1999) รายงานว่าคอลลาเจนที่ละลายในน้ำในระหว่างการปรุงสุกของเนื้อ พบว่าการปรุงเนื้อให้สุกที่อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น แต่เมื่อปรุงสุกที่ 70 องศาเซลเซียส จะมีการเพิ่มขึ้นสูงถึง 2 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อดิบ และช่วงของอุณหภูมิ 80 – 121 องศาเซลเซียส จะมีการลดลงอย่างรุนแรงของคอลลาเจนที่ละลายได้ การเปลี่ยนแปลงนี้อาจจะเกิดจากผลของการหดตัวของคอลลาเจนที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส และ เกิด gelatinization สูญเสียจากการปรุงสุกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงของคอลลาเจนที่ละลายในน้ำได้เปลี่ยนเป็นในรูปแบบของคอลลาเจนที่ไม่ละลายน้ำในระหว่างกระบวนการทำให้เย็นของเนื้อได้ สอดคล้องกับ Rhee *et al.* (2004) พบว่าในส่วนของเนื้อสันนอก และเนื้อติดซี่โครง จะมีปริมาณคอลลาเจนที่ต่ำ โดยที่ส่วนของไหล่และสะโพกนั้นจะพบว่ามีปริมาณของคอลลาเจนมากกว่าส่วนอื่นเมื่อให้ความร้อนชิ้นที่บริเวณดังกล่าวจะทำให้คอลลาเจนเสียสภาพธรรมชาติ และเกิดเป็นเจลลาตินทำให้เนื้อมีลักษณะนุ่มมากขึ้น

(3) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction) การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ถึงแม้ว่าอุณหภูมิความร้อนจะไม่สูงมากนักจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ซับซ้อนระหว่างโปรตีน และน้ำตาลรีดิวซิงค์ เริ่มต้นปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะมีลักษณะเป็นสารละลายไม่มีสี แต่หลังจากเกิดปฏิกิริยาหลายชนิดทำให้เกิดสีน้ำตาลหรือสีดำเป็นสารประกอบ

เรียกว่ามาลานอยดิน (Melanoidins) ที่เกิดขึ้น (Martins *et al.* 2001) ปฏิกิริยาสีน้ำตาลไม่ได้ให้เพียงแค่สีแก่ผลิตภัณฑ์แต่ยังให้รสชาติที่ดี แต่ถึงอย่างไรคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์จะถูกทำลายลงไปเนื่องจากเกิดการสูญเสียของโปรตีนและกรดอะมิโนรวมทั้งไลซีน แอลไลซีน และแอลฮีสทิดีนอีกด้วย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (Mundt *et al.* 2007) ความเป็นกรด - ด่าง ชนิดของน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดความว่องไวในการทำปฏิกิริยาของน้ำตาล และหมู่อะมิโนเพิ่มมากขึ้น (Kim and Lee. 2009) ซึ่งการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลสามารถทำได้โดยลดความชื้นลงให้อยู่ระดับต่ำมาก หรือเพิ่มการเจือจางให้มากขึ้น เมื่อผลิตภัณฑ์อยู่ในของเหลวจะช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลลงได้ รวมถึงการลดน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ลงก็จะช่วยลดสีน้ำตาลได้อีกด้วย

(4) การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ ความร้อนที่ทำให้เนื้อสุกจะมีผลต่อสารอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ เนื่องจากโปรตีนจะเสียสภาพธรรมชาติ ไขมันจะหลอมออกจากเนื้อเยื่อ วิตามินบางชนิดก็จะสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน โดย Maheswara *et al.* (2011) ทำการศึกษากระบวนการให้ความร้อนต่อเนื้อปลาทูน่าบรรจุกระป๋องโดยได้ให้ความร้อนที่ 90 - 92 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที เพื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทูน่าก่อนและหลังให้ความร้อนพบว่า หลังการให้ความร้อนมีร้อยละของค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน เพิ่มขึ้น แต่มีร้อยละของเถ้าลดลง ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อทูน่าสดกับเนื้อทูน่าที่ได้รับการปรุงก่อนให้ความร้อนระดับการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

พารามิเตอร์	เนื้อทูน่าสด	Pre cooked ทูน่า
ความชื้น (%)	73.10	69.98
โปรตีน (%)	24.20	27.12
ไขมัน (%)	1.37	1.50
เถ้า (%)	1.43	1.40

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Maheswara *et al.* (2011)

2.4 ผลิตภัณฑ์เนื้อตุ๋นยาจีน

เนื้อส่วนสะโพกจัดว่าเป็นชิ้นส่วนที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูงทำให้มีความเหนียวมากจึงอาจจะไม่เหมาะแก่การปรุงอาหารบางประเภท โดยปกติแล้วเนื้อสัตว์ เนื้อไก่ เนื้อปลา เมื่อมีการปรุงให้สุกอย่างต่อเนื่องจะทำให้มีความนุ่มขึ้น โดยการใช้อุณหภูมิต่ำไม่ว่าจะปรุงสุกด้วยวิธีไหนก็ตาม แต่การตุ๋นหรือการปรุงสุกด้วยความร้อนชื้นจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด (Resurreccion. 1994)

2.4.1 ความหมายการตุ๋น

วิธีการตุ๋น (Braise) หมายถึง การทำให้ชิ้นเนื้อที่มีขนาดพอสมควรนำมาให้ความร้อนในกระทะที่มีน้ำร้อนเพื่อทำให้ผิวเนื้อเป็นสีน้ำตาลทั่วทั้งก้อนเนื้อ จากนั้นเติมน้ำซุปลงในหม้อหรือกระทะ ใช้ความร้อนต่ำ ปิดฝาหม้อเพื่อให้เนื้อสุกอย่างช้าๆ ภายในภาชนะที่มีฝาปิด (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552)

2.4.2 เนื้อตุ๋นยาจีน

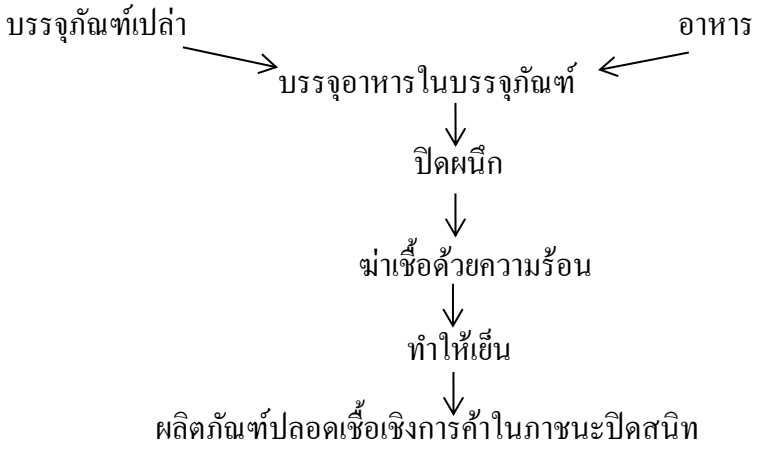
เนื้อตุ๋นยาจีนเป็นอาหารจีน ที่มักรับประทานพร้อมกับข้าว หรือก๋วยเตี๋ยว โดยนำเนื้อโคที่มีลักษณะค่อนข้างเหนียว โดยลักษณะเนื้อโคที่เหมาะมาตุ๋นยาจีนคือต้องมีเอ็นและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นองค์ประกอบ นำชิ้นส่วนดังกล่าวมาผ่านความร้อน เคี่ยวจนเกิดความเปื่อยยุ่ยของเนื้อ และนานพอที่จะซึมซับเอากลิ่น และรสชาติของเครื่องปรุงกับเครื่องเทศให้แทรกซึมลงไปภายในเนื้อโค ทำให้เนื้อและเครื่องในจะมีทั้งกลิ่น และรสที่น่ารับประทาน และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค Locker *et al.* (1977) ทำการศึกษาการปรุงสุกด้วยความร้อน และระยะเวลาในการให้ความร้อน พบว่า เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที จะทำให้เนื้อแข็งขึ้น และพบว่าไมโอซิน และแอคตินจะเสื่อมสภาพไป ในขณะที่ยังพบคอลลาเจนอยู่ แต่เมื่อให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง จะทำให้โปรตีนคอลลาเจนเสียสภาพธรรมชาติ สอดคล้องกับ McCrae and Paul (1975) ทำการศึกษาผลของระยะเวลา และอุณหภูมิต่อค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ และปริมาณร้อยละของคอลลาเจนทีละลายน้ำ พบว่าเมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาในการตุ๋นเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อลดลง ทำให้เนื้อโคนุ่มขึ้น

2.4.3 เครื่องยาจีน

อาหารประเภทตุ๋นนิยมนำเนื้อสัตว์มาตุ๋นในน้ำที่ใส่เครื่องยาจีน โดยสูตรเนื้อตุ๋นแต่ละสูตรมีการใช้เครื่องยาจีนที่ความแตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่นิยมใช้เก๋ากี้ หญ้าหอมมังกร โป๊ยกั๊ก และอบเชย ซึ่งมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรคได้ เช่น เก๋ากี้ ช่วยต่อต้านเซลล์มะเร็ง ลดระดับน้ำตาลในเลือด มีวิตามินซีสูงช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน บำรุงสายตา แก้โรคอัลไซเมอร์ ส่วนโป๊ยกั๊ก ช่วยลดการเกิดมะเร็ง กระตุ้นภูมิต้านทานและช่วยยืดอายุผู้ป่วยเอดส์ ลดอาการเหน็บชา ช่วยรักษาอาการไส้เลื่อน ช่วยบรรเทาอาการหวัด ลดอาการไอและขับเสมหะ และอบเชย หรือกุ้ยฟ้วย ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดการจับตัวเป็นก้อนของเลือด ป้องกันการเกิดเบาหวาน ช่วยขับลมและรักษาแผลในกระเพาะอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารต้านการเกิดออกซิเดชัน ช่วยป้องกันการเกิดความหืนของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ (Ojagh *et al.* 2010)

2.5 สภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า

การฆ่าเชื้ออาหารเพื่อให้อาหารอยู่ในสภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า (Commercial sterility) หมายถึงการทำให้อาหารปราศจากจุลินทรีย์ก่อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และไม่มีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย ซึ่งสามารถเจริญในอาหารภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ โดยอาหารนั้นต้องบรรจุในภาชนะปิดสนิท (Hermetic sealed container) ไม่มีอากาศสามารถผ่านเข้า-ออกได้ เพื่อคงสภาพปลอดเชื้อของอาหารหลังการฆ่าเชื้อ กระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อที่สำคัญและต้องระวังเป็นพิเศษ คือ การฆ่าเชื้ออาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low acid food) ซึ่งหมายถึงอาหารที่มีค่าพีเอชสูงกว่า 4.6 และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) สูงกว่า 0.85 อาหารกลุ่มนี้มีปริมาณกรดต่ำพอ และปริมาณน้ำสูงพอที่จะให้จุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายเจริญได้ซึ่งจุลินทรีย์ที่สำคัญคือ *Clostridium botulinum* เนื่องจากเชื้อดังกล่าวสามารถสร้างสปอร์ที่ทนอุณหภูมิสูง และสร้างสารพิษโบทูลิน (Botulin toxin) ที่มีอันตรายถึงขั้นทำให้ผู้บริโภคเสียชีวิต ทั้งนี้ขั้นตอนของการผลิตอาหารในสภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้าในภาชนะบรรจุปิดสนิทแสดงดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การผลิตอาหารในสภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า
ที่มา : ทิพาพร อยู่วิทยา (2557)

2.5.1 วัตถุประสงค์ของการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

อาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้า (Commercial sterile food product) หมายถึง อาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนในระดับที่สามารถกำจัดจุลินทรีย์ก่อโรค กำจัดจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และสปอร์ที่รอดชีวิตจากความร้อนจุลินทรีย์จะไม่เจริญที่อุณหภูมิเก็บรักษาที่ไม่เกินกว่า 50 องศาเซลเซียส และไม่เจริญเพิ่มจำนวนระหว่างการขนส่งที่ถูกต้องตามหลัก

GMP โดยอาหารเหล่านี้สามารถเก็บได้อย่างต่ำ 1 ปี ภายใต้สภาพปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2557) ดังที่กล่าวมาข้างต้นการทำให้อาหารปลอดจุลินทรีย์โดยวิธีการให้ความร้อนขึ้นอยู่กับแต่ละลักษณะของจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์บางชนิดสามารถผลิตสปอร์ได้ ซึ่งสปอร์จะสามารถกลับมาเจริญเป็นจุลินทรีย์ได้ใหม่ และอาจทำให้อาหารเน่าเสียหรือทำให้เกิดโรคแก่มนุษย์ได้ ซึ่งสปอร์ของเชื้อบางชนิดจำเป็นที่จะต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 115.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานในการทำลายจุลินทรีย์อีกด้วย (Claus *et al.* 1994) โดยขั้นตอนการผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิทมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (Pearson and Tauber. 1984)

(1) จัดเตรียมวัตถุดิบ

(2) นำวัตถุดิบมาทำการปรุงสุกพอประมาณ (Pre-cooking)

(3) เติมวัตถุดิบที่เตรียมใส่ลงในภาชนะ

(4) ทำภาชนะที่เติมวัตถุดิบลงไปให้มีลักษณะเป็นสุญญากาศ

(5) ปิดภาชนะ

(6) ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง (Retorting)

(7) เมื่อครบเวลาที่กำหนด ทำการลดอุณหภูมิให้เย็นที่ระดับประมาณ 35 องศาเซลเซียส

ถ้าวิธีการทั้งหมดมีการควบคุมที่ดีจะทำให้ผลิตภัณฑ์ภายใต้ภาชนะบรรจุแบบปิดสามารถเก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิปกติ Muhlisin *et al.* (2013) ทำการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่ผัดซอสที่บรรจุลงในถุงภาชนะปิดสนิทแบบอ่อนตัว โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่า TBARS สูงขึ้น และไม่พบจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา

Gopal *et al.* (2001) ทำการศึกษาแกงปลาบรรจุในถุงภาชนะปิดสนิทแบบอ่อนตัว พบว่า ค่าการยอมรับโดยรวมของอาหารมีค่าการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยได้ระดับคะแนนความชอบทางด้านรสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับได้โดยรวม เท่ากับ 8 7.5 และ 7.5 ตามลำดับ ใน 9 ระดับคะแนนความชอบ หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน

2.5.2 กระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์แก่ผลิตภัณฑ์อาหาร

การสเตอริไลซ์ (Sterilization) เป็นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายสปอร์ของแบคทีเรียที่มีความทนทานต่อความร้อน ซึ่งทำให้จุลินทรีย์และสปอร์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่สภาวะปกติในการเก็บรักษาอาหาร ซึ่งหมายถึงจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายจะไม่เหลือรอดในผลิตภัณฑ์แต่จะเหลือสปอร์ของจุลินทรีย์ที่มีค่าความทนความร้อนสูงแต่จะไม่สามารถเจริญได้ในสภาวะการเก็บรักษาปกติ จึงเรียกการให้ความร้อนกับอาหารโดยใช้หลักการนี้ว่า การฆ่าเชื้อเชิงการค้า (Commercial sterilization) (Awuah *et al.* 2007) ซึ่งในวงการอุตสาหกรรมอาหารจะใช้กระบวนการสเตอริไลซ์เชิงการค้าเพื่อทำลายเซลล์และสปอร์ของจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษและก่อให้เกิดโรคเช่น *Clostridium botulinum*

2.5.2.1 การทำให้ปลอดเชื้อในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท

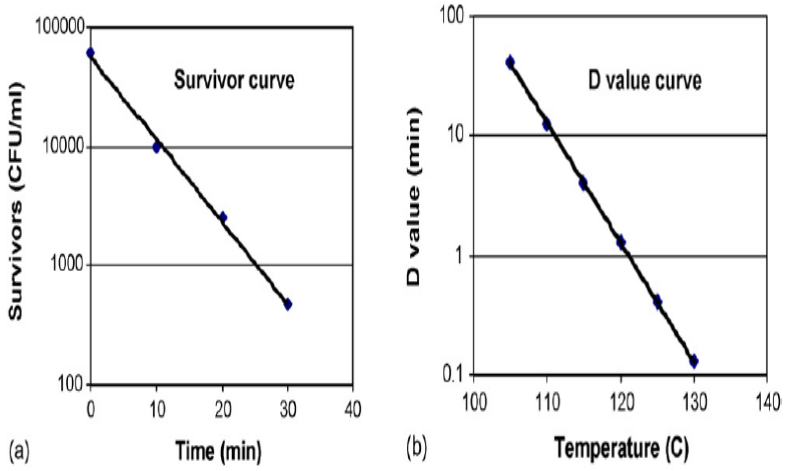
ปกติแล้วการทำให้ปลอดเชื้อในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท มี 2 วิธี คือ การผลิตแบบดั้งเดิม (Conventional canning) และการผลิตและบรรจุแบบปลอดเชื้อ (Aseptic processing and packaging) ซึ่งการผลิตแบบดั้งเดิมนั้นจะทำการบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุจากนั้นจะทำการปิดผนึกให้แน่น ต่อมาใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อทั้งอาหาร และภาชนะบรรจุไปพร้อมกัน แต่การบรรจุแบบปลอดเชื้อทำโดยการฆ่าเชื้อในอาหาร และภาชนะแยกกัน ซึ่งจะทำการบรรจุอาหารลงในภาชนะบรรจุภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะปิดสนิทและให้ความร้อนตามความเหมาะสมแก่ผลิตภัณฑ์ผลิตขึ้นเพื่อให้อาหารนั้นอยู่ในสภาพปลอดเชื้อเชิงการค้าซึ่งการทำให้ปลอดเชื้อเชิงการค้าจะขึ้นอยู่กับค่าที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

(1) D value (Thermal death time)

ค่า D value หมายถึง ค่าการทนความร้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งมีหน่วยคือเวลาเป็นนาที โดยที่อุณหภูมิระดับหนึ่ง ซึ่งจะทำลายแบคทีเรียให้ลดจำนวนลงมาได้ร้อยละ 90 หรือ 1 log cycle (Awuah *et al.* 2007) โดยปกติแล้วจุลินทรีย์จะสามารถเจริญได้ในอุณหภูมิที่สูงขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่ออุณหภูมิสูงมากจุลินทรีย์จะเริ่มตายลง ดังนั้นการเขียนค่า D value จำเป็นต้องห้อยท้ายด้วยอุณหภูมิที่ใช้หา ซึ่งการทำการทดลองเท่านั้นถึงจะได้ค่า D มา โดยต้องหาผลของอุณหภูมิที่เวลาต่างกันต่อการลดลงของจุลินทรีย์ หรือสปอร์ ซึ่งเรียกว่า Thermal death time วิธีการหาคือนำจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนใส่ลงในอาหาร และปิดผนึกจากนั้นก็นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ต้องการและทำการจับเวลาที่แน่นอนเมื่อครบกำหนดก็นำออกมาหาจำนวนจุลินทรีย์หรือสปอร์ที่เหลือรอด แต่ถ้าจุลินทรีย์ถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจำนวนสปอร์หรือจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตรอด (log survivor) ซึ่งเขียนได้ตามภาพที่ 2.7 (a) อ่านจากเวลาเป็นนาทีที่สามารถฆ่าจุลินทรีย์ได้ 1 log cycle หรือคำนวนจากสูตร

$$D = \frac{(N2 - N1)}{(\log N1 - \log N2)} \tag{2.1}$$

โดยกำหนดให้ N1 และ N2 เป็นจำนวนจุลินทรีย์ที่เหลือรอดในเวลา t1 และ t2 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสปอร์ และเวลาในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ (a) และความสัมพันธ์ระหว่างค่า D value และความร้อนที่อุณหภูมิหนึ่ง (b)

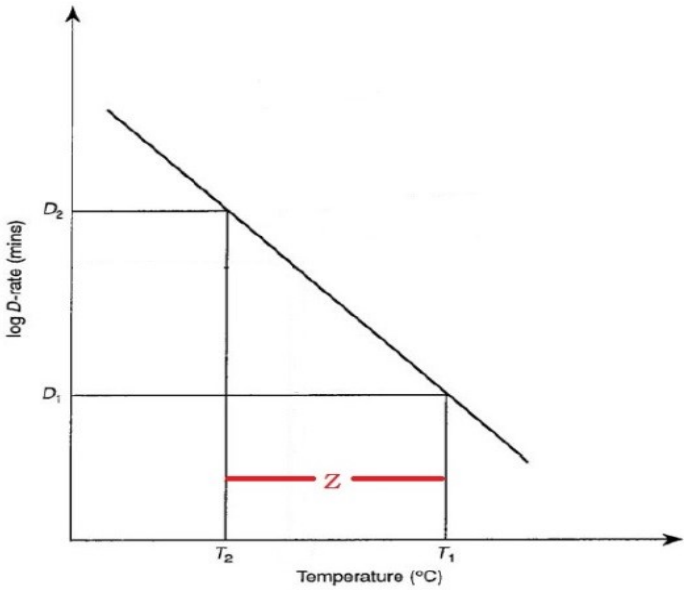
ที่มา : Awuah *et al.* (2007)

(2) ค่า Z (Z Value)

ค่า Z-value คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าจุลินทรีย์ตัวหนึ่งๆ ซึ่งค่า Z-value จะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับค่า D-value กล่าวคือ ค่า D-value เปลี่ยนไป 1 log cycle ของจำนวนจุลินทรีย์ อุณหภูมิของการฆ่าเชื้อที่ทำลายจุลินทรีย์คือค่า Z-value โดย ค่า Z-value ที่จะใช้ในการฆ่าเชื้อมีปัจจัยหลายอย่างทีต้องคำนึงถึง เช่น ผลของความร้อนที่จะส่งผลถึงอาหาร ทางด้านกายภาพ ทางด้านประสาทสัมผัส จนถึงคุณค่าของโภชนาอาหาร การที่จะทำให้อาหารปลอดเชื้อเชิงการค้าจำเป็นต้องทราบค่า Z-value ของจุลินทรีย์ที่ต้องการจะทำลายเสียก่อน เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความร้อนและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ สูตรของค่า Z-value คือ

$$Z = \frac{(T2 - T1)}{(\log D1 - \log D2)} \qquad (2.2)$$

โดยกำหนดให้ log D1 และ log D2 เป็นค่า log ของแบคทีเรียที่รอดชีวิตเมื่อฆ่าด้วยอุณหภูมิ T1 และ T2 ตามลำดับ (Awuah *et al.* 2007) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าจุลินทรีย์เป็นไปตามภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 อุณหภูมิในช่วงหนึ่งที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle
ที่มา : ดัดแปลงจาก Holdsworth (2016)

จากการรายงานของ Ramirez *et al.*(1997) ได้กล่าวว่าค่า D-value ของเชื้อ *Escherichia coli* ในเนื้อวัวบด มีอัตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิการให้ความร้อนกับเวลาในการให้ความร้อนโดยแบ่งเป็น 4 ช่วงอุณหภูมิคือ 53 58 63 และ 68 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งพบว่าเมื่อเวลาของการให้อุณหภูมินานขึ้นเชื้อ *E. coli* ก็จะค่อยๆ ลดลงตามค่า D-value ในแต่ละช่วงอุณหภูมิดังนี้ 46.10 6.44 0.43 และ 0.12 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิมากขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ที่เหลือจะยิ่งน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Murphy *et al.* (2002) ที่ได้หาการทำงานของค่า D และ Z-value ของเชื้อ *Salmonella* spp. และ *Listeria innoua* ในผลิตภัณฑ์เนื้อออกไก่ปรุงสุกบรรจุในถุงสุญญากาศ พบว่า ความสัมพันธ์ของค่า D และ Z ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย เมื่อทำการให้อุณหภูมิกับเนื้อออกไก่ในแต่ละอุณหภูมิที่สูงขึ้น ค่า D-value จะมีค่าลดลง ส่วนค่า Z-value เมื่อนำค่า D-value มาพล็อตลงในกราฟและหาค่าความชันของกราฟแล้วจะพบว่า ค่า Z-value เท่ากับ 6.262 องศาเซลเซียส และ 5.666 องศาเซลเซียส ในการฆ่าจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *Listeria innoua* ตามลำดับ

(3) ค่า F-value หมายถึง ค่าความร้อนและเวลาที่จำเป็นต้องใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้เข้าถึงสภาวะปลอดเชื้อเชิงการค้า โดยการคำนวณค่า F-value จำเป็นที่จะต้องทราบค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าจุลินทรีย์กลุ่มเป้าหมาย (Z-value) ก่อน เพราะฉะนั้น ถ้าต้องการคำนวณเพื่อระบุค่า F-value จึงต้องระบุอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าจุลินทรีย์และค่า Z-value ของจุลินทรีย์เป้าหมายด้วย ใช้สัญลักษณ์ F_0 ซึ่งมีความหมายว่า การฆ่าจุลินทรีย์ที่ 121 องศาเซลเซียส ฆ่าแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ประมาณ 10 องศาเซลเซียส คำนวณได้จากสูตร

$$F_0 = D_{121}(\log N - \log N_0) \quad (2.3)$$

F_0 หมายถึง เวลาที่ต้องใช้เพื่อฆ่าจุลินทรีย์เป้าหมายที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ให้ลดลงมาจนถึงสภาวะปลอดเชื้อเชิงการค้า

D_{121} หมายถึง เวลาเป็นนาที ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ทำลายจุลินทรีย์เป้าหมายให้ลดลงมา 1 log-cycle

Log N_0 หมายถึง จำนวนจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส (ตามค่า D_{121})

Log N หมายถึง จำนวนจุลินทีย์เริ่มต้น

Rajkumar *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษาแกงแพะบรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์ พบว่าเวลาในการทำลายจำนวนจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิหนึ่ง (F-value, Sterilization value) มีค่าเท่ากับ 12.1 นาที นั่นหมายความว่าขั้นตอนในการผลิตในด้านการลดจำนวนจุลินทรีย์บรรลุผลในการทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อเชิงการค้า ซึ่งผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์มีค่า F-value ที่แนะนำอยู่ระหว่าง 8-20 นาที (Ranganna. 2000)

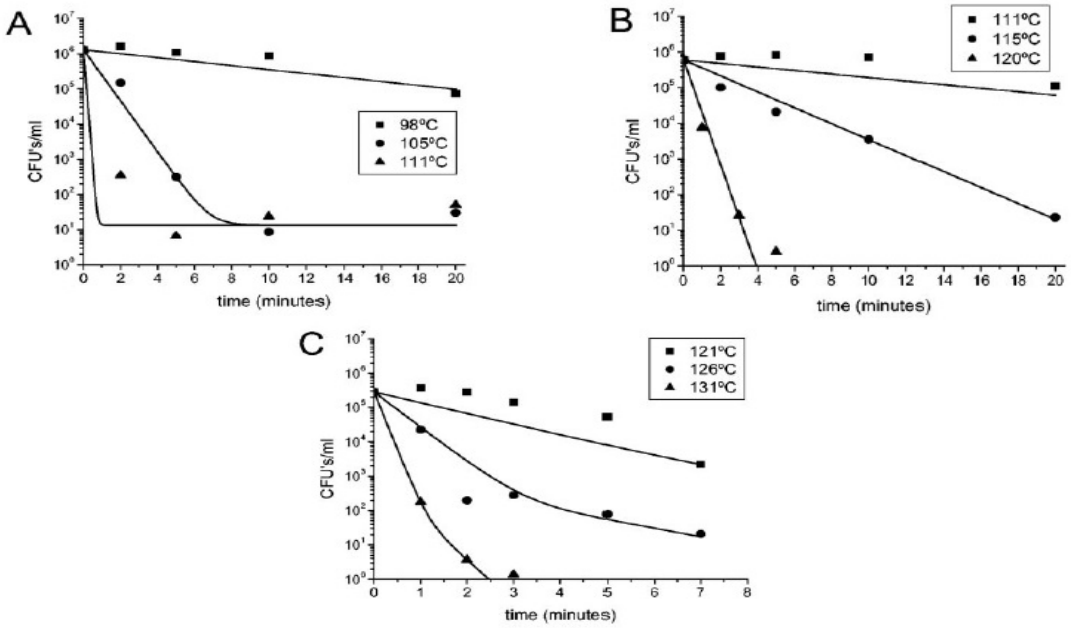
สอดคล้องกับผลของ Maheswara *et al.* (2011) ศึกษาผลของการให้ความร้อนกับปลาทูน่าบรรจุในกระป๋อง พบว่า การให้ความร้อนแก่ปลาทูน่าในกระป๋องมีค่า F-value เท่ากับ 10 นาที ซึ่งทำให้ปลาทูน่าบรรจุกระป๋องปลอดเชื้อเชิงการค้า โดยผลิตภัณฑ์ประเภทปลามีค่า F- value ที่แนะนำอยู่ระหว่าง 5-20 นาที (Footitt and Lewis. 1994)

Kort (2005) ได้ทำการศึกษาการต้านทานความร้อนของสปอร์ที่ปลดปล่อยสาร dipicolinic acid โดยทำการทดลองกับแบคทีเรียสามตัวได้แก่ *Bacillus subtilis* 168, *Bacillus subtilis* A163 และ *Bacillus sporothermodurans* IC4 ได้ทำการเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งสามชนิดในอาหาร Trypticase soy agar โดยใช้เวลาในการทำลายจุลินทรีย์เท่ากับ 1.4 0.7 และ 0.3 ที่อุณหภูมิ 105 120 และ 131 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะได้ค่า Z-value ของแบคทีเรีย 168, A163 และ IC4 คือ 6.3 6.1 และ 9.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การยับยั้งจุลินทรีย์ทั้งสามตัว ดังภาพที่ 2.9

จากการทดลองพบว่ามีความแตกต่างของความต้านทานความร้อนของสปอร์บาซิลลัสสามสายพันธ์ ดังนี้ 168 < A163 < IC4 จากภาพจะเห็นว่าภายในเวลา 1 นาทีที่อุณหภูมิ 111 องศาเซลเซียส *B. subtilis* 168 จะถูกทำลายลงมากกว่า 99.99 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส 4 นาที *B. subtilis* A163 จะเหลือสปอร์ 0.7 เปอร์เซ็นต์ และ *B. sporothermodurans* IC 4 ต้องใช้อุณหภูมิถึง 131 องศาเซลเซียส ในเวลา 2.30 นาที ถึงจะทำให้สปอร์เหลืออยู่ 3.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้านทานของความร้อนแตกต่างกัน ถ้ามีความ

ต้านทานความร้อนมากก็จะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นและหรือใช้เวลามากขึ้น ทั้งนี้การใช้เวลาและอุณหภูมิที่มากขึ้นก็อาจจะส่งผลต่ออาหารหรือผลิตภัณฑ์ได้ (Kort *et al.* 2005)

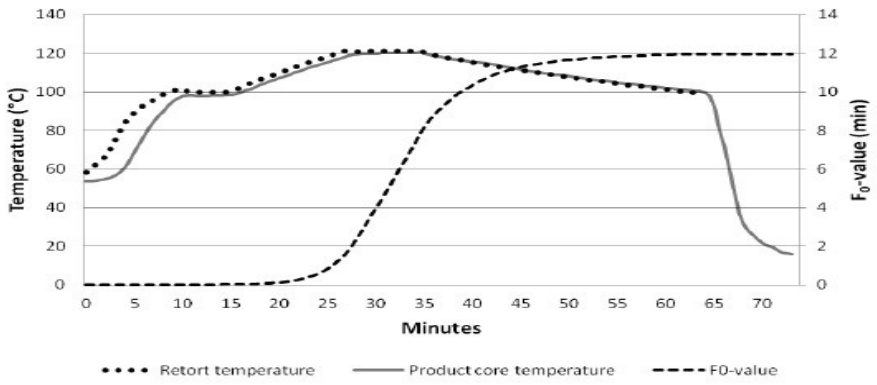
Byrne *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาผลของความร้อนต่อเซลล์และสปอร์ของจุลินทรีย์สองชนิด คือ *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* โดยได้มีการแนะนำในการปรุงอาหารประเภท Luncheon roll จากเนื้อหมู คือ ต้องให้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส 0.12 นาที และ 1.3 นาที เพื่อที่จะทำให้เซลล์ปกติของ *B. cereus* และ *C. perfringens* ลดลง 6 – log cycle และ อุณหภูมิในการลดสปอร์ของ *B. cereus* และ *C. perfringens* คือ 105 และ 110 องศาเซลเซียส ในเวลา 0.36 นาที ตามลำดับ เพื่อที่จะทำให้จุลินทรีย์ทั้งสองหยุดชะงักและไม่ก่ออันตรายต่อผู้บริโภคได้



ภาพที่ 2.9 การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* sp. โดยจุดบนกราฟมีค่า z – value คงที่ โดย (A) ความร้อนที่ให้กับสปอร์ชนิด 168, (B) ความร้อนที่ให้กับสปอร์ชนิด A163 และ (C) ความร้อนที่ให้กับสปอร์ชนิด IC4

ที่มา : Kort (2005)

Drotz (2012) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์แกงเผ็ดไก่ในถุงรีทอร์ทเพาช์ โดยได้ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (F_0) ที่เวลา 9 12 และ 15 นาที ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการให้ความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 นาทีมีผลดีที่สุด (ดังภาพที่ 2.10) โดยความร้อนจะช่วยลดอัตราการรอดชีวิตของ *Clostridium botulinum* น้อยกว่า 10^9 และลดจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสียได้ถึง 10^{-4}



ภาพที่ 2.10 การแทรกผ่านความร้อนและค่า F_0 ของแกงเผ็ดไก่ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์
ที่มา : Drotz (2012)

2.5.2.2 ผลของความร้อนต่อจุลินทรีย์มีปัจจัยอยู่สองสิ่ง ได้แก่

(1) ความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ (ดังตารางที่ 4)

(2) อัตราการให้ความร้อนเฉพาะของผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ

จากผลของความร้อนต่อจุลินทรีย์ทำให้ United States Department of Agriculture (USDA) เสนอโปรแกรมการสร้างแบบจำลองของจุลินทรีย์ขึ้น เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยและประเมินผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์และการอยู่รอดของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (Awuah *et al.* 2007)

ตารางที่ 2.4 ค่าความทนทานความร้อน (ค่า D, Z) ของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋อง

กลุ่มจุลินทรีย์	ช่วงค่าต้านทานของจุลินทรีย์โดยประมาณ	
	D	z
อาหารกรดต่ำและกึ่งกรดต่ำ (pH มากกว่า 4.5)		
Thermophiles (spores)	$D_{121.1}$	
Flat-sour group (B. *stearothermophilus*)	4.0 – 5.0	14 – 22
Gaserous-spoilage group (C. *thermosaccharolyticu*)	3.0 – 4.0	16 – 22
Sulfide stinkers (C. *nigrificans*)	2.0 – 3.0	16 – 22
Mesophiles (spores)		
Putreafactive anaerobes		
C. *botulinum* (ประเภท A และ B)	0.1 – 0.2	14 – 18
C. *sporogenus* group	0.1 – 1.5	14 – 18
อาหารเป็นกรด (pH 4.0 – 4.5)		
Thermophiles (spores)		
B. *coagulans* (facultatively mesophilic)	0.01 – 0.07	14 – 18
Mesophiles (spores)	D_{100}	
B. *polymyxa* and B. *macerans*	0.10 – 0.50	12 - 16
Butyric anaerboes (C. *pasteurianum*)	0.10 – 0.50	12 - 16
อาหารกรดสูง (pH 4.00 และต่ำกว่า)		
Mesophilic non-spore bearing bacteria	$D_{65.5}$	
Lactobacillus spp., *Leuconost, Salmonella* spp., yeasts and Molds	0.5 – 1.00	8 - 10

ที่มา : Stumbo (1973)

2.5.3 การทดสอบการแทรกผ่านของความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์อาหาร (Heat penetration test)

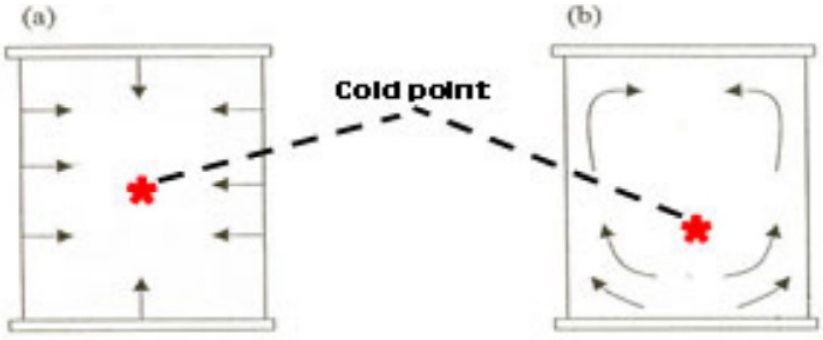
คือการทดลองเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ซึ่งจะต้องสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ตามข้อกำหนด จักต้องพิจารณาตามกลไกการแทรกผ่านความร้อนของอาหารประเภทนั้นๆ นั่นก็คือต้องทราบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ณ จุดที่ร้อนช้าที่สุด (Cold spot) ภายในภาชนะบรรจุ สำหรับนำไปคำนวณหาค่าระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ หรือ F_0 (Holdsworth. 1997) ซึ่งลักษณะการแทรกผ่านความร้อนสู่อาหาร เกิดขึ้นได้ 3 แบบ ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแทรกผ่านความร้อนแบบผสม

2.5.3.1 การนำความร้อน (Conductive heating packs)

พบในอาหารประเภทที่มีความข้นหนืด ซึ่งอาหารจะได้รับความร้อนทุกทิศทางผ่านผนังของภาชนะบรรจุเข้าสู่อาหาร โดยมีทิศทางไปยังส่วนที่ร้อนช้าที่สุดของภาชนะบรรจุ (Cold spot) ซึ่งจะอยู่บริเวณกึ่งกลางของภาชนะบรรจุ ดังรูปที่ 2.10 หมายถึง พลังงานความร้อนถูกถ่ายเทจากผนังภาชนะบรรจุไปสู่จุดที่ร้อนช้าที่สุดภายในภาชนะบรรจุ (จุดที่ร้อนถ่ายเทไปจุดที่เย็น) โดยผ่านโมเลกุลของอาหารที่ไม่มีการเคลื่อนที่เนื่องจากอนุภาคอาหารไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ (Heinz and Hautzinger. 2007)

2.5.3.2 การพาความร้อน (Convective heating packs)

มักพบในรูปของอาหารเหลว เมื่ออาหารเหลวได้รับความร้อน โมเลกุลของอาหารส่วนที่ร้อนกว่ามีความหนาแน่นลดลง จึงเคลื่อนที่ขึ้นข้างบนในขณะที่โมลกุลของอาหารเหลวที่เย็นกว่ามีความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนลงมาแทนที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของอาหารเหลวภายในภาชนะบรรจุ ทำให้จุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารกระป๋องที่ฆ่าเชื้อวางเรียงแบบแนวตั้งจะมีอยู่ประมาณ สามส่วนสี่ นิ้ว จากด้านล่างกระป๋องสำหรับกระป๋องขนาดเล็ก และสำหรับกระป๋องขนาดใหญ่จุดร้อนช้าที่สุดอยู่ที่ประมาณหนึ่งนิ้วครึ่งจากด้านล่างของกระป๋องดังภาพที่ 2.11 (Kannan and Sandaka. 2008)



ภาพที่ 2.11 แสดงการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (a) และการถ่ายเทความร้อนแบบการพา (b)
ที่มา : Heinz and Hautzinger (2007)

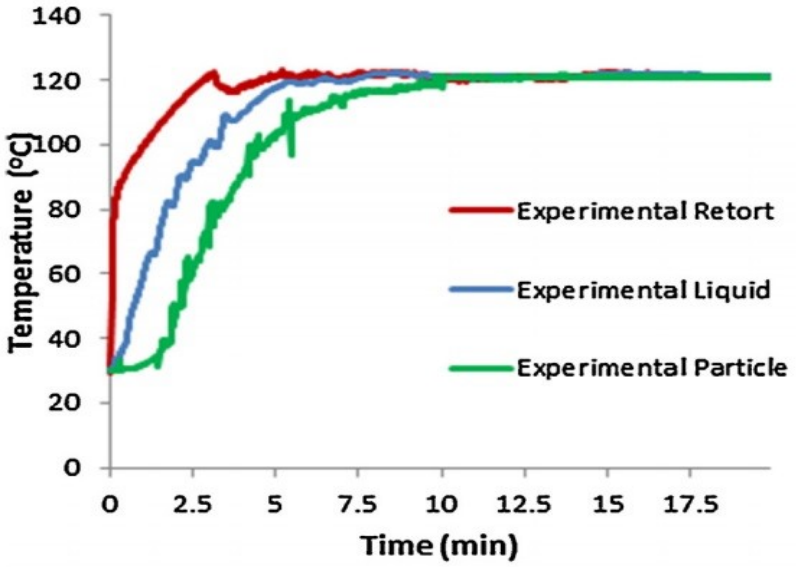
2.5.3.3 ความร้อนแบบผสม (Complex heating)

มักพบในรูปแบบอาหารที่มีความหนืดผสมกับของเหลว เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นอาหารขนาดใหญ่อยู่ในของเหลว หรือผลิตภัณฑ์อาหารที่มีแป้งเป็นส่วนผสม ซึ่งช่วงแรกของการให้ความร้อนจะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการพา และเมื่อให้ความร้อนต่อไปจนอาหารมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นจะทำให้การถ่ายเทความร้อนเปลี่ยนเป็นการพาความร้อนแทน โดยผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวจะร้อนเร็วกว่าผลิตภัณฑ์ที่เป็นชิ้นของแข็ง ดังนั้นจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารที่มีการ

ถ่ายเทความร้อนแบบผสมจะอยู่ที่กึ่งกลางของจุดที่ร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์ที่มีการนำและพาความร้อน

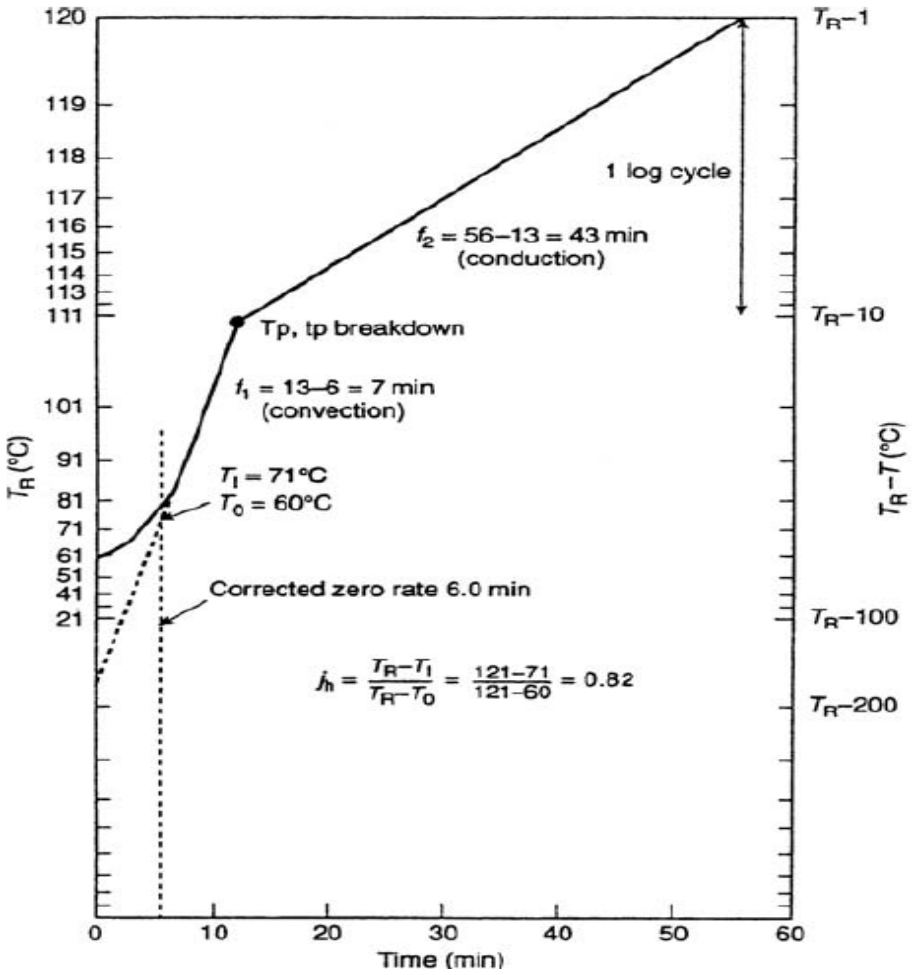
2.5.3.4 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer)

จุดบอด (Cold spot) เป็นจุดที่ต้องคำนึงถึงการคำนวณหาค่าความร้อนในอาหารกระป๋อง เพื่อต้องหาค่า F_0 ที่ต่ำที่สุดที่จำเป็นต่อการทำลายหรือยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการคำนวณผลของค่าความร้อนโดยพื้นฐานจะต้องคำนวณที่ค่าต่ำที่สุดที่กำหนดไว้ล่วงหน้าเพื่อที่จะให้ได้ค่า F_0 ทำให้สามารถปรับปรุงกระบวนการระบายความร้อนได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการถ่ายเทความร้อนของอาหารกระป๋องจะขึ้นอยู่กับอนุภาคของแข็งหรือของเหลวภายในกระป๋อง (ดังภาพที่ 2.12) จะทำให้การแพร่ความร้อนนั้นเปลี่ยนแปลงไป (Singh *et al*. 2015) ซึ่งโดยมีค่าที่ควรคำนวณล่วงหน้าคือ ค่า U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยรวม และค่า h_{fp} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอนุภาคของไหล



ภาพที่ 2.12 Experimental time temperature profile
ที่มา : Singh *et al.* (2015)

ภาพที่ 2.12 แสดงให้เห็นถึงการถ่ายเทความร้อนสองรูปแบบได้แก่ การถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อน (ในอาหารเหลว) และการถ่ายเทความร้อนแบบนำความร้อน (ในอาหารแข็ง) ทั้งนี้ถ้าผลิตภัณฑ์มีอาหารเหลว และอาหารแข็งอยู่ในบรรจุภัณฑ์จะเกิดการถ่ายเทความร้อนแบบผสมขึ้นดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้ค่ากราฟที่ได้จะเริ่มจากการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อนก่อนจากนั้นเส้นกราฟจะเกิดการแตกออกมาไม่คงเส้นตรงอันเนื่องมาจากเกิดการถ่ายเทความร้อนแบบนำความร้อนดังแสดงในภาพที่ 2.13 (Broken – heating curve) (Holdsworth *et al.* 2008)



ภาพที่ 2.13 แสดงเส้นกราฟที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบผสม (Broken-heating curve)

ที่มา: Holdsworth *et al.* (2008)

โดยที่ Come up time = เวลาที่ทำให้อุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด

Corrected zero = เวลาเริ่มต้นของการฆ่าเชื้อที่แก้ไขแล้ว

j (lag factor) = เวลาก่อนที่รูปกราฟจะแสดงค่าผลต่างของอุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิของอาหารในกระป๋อง

f_h = ความเร็วในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจุดที่ร้อนช้าที่สุดมีหน่วยเป็นนาที หาได้จากการคำนวณจำนวนนาทีที่ต้องการสำหรับส่วนที่เป็นเส้นตรงของ heating curve ที่เปลี่ยนไป 1 log cycle (slopeของheating cure แรก)

f_2 = เวลาที่ต้อการสำหรับเส้นตรงส่วนที่สองของ heating curve เพื่อผ่าน 1 log cycle (slope ของ heating curve ที่สอง)

jI = อุณหภูมิที่ได้จากการนำค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากสเกลไปลบออกจากค่าอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ

j = jI/I

I = อุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ – อุณหภูมิเริ่มต้นขงอาหารก่อนการฆ่าเชื้อ หรือก่อนเปิดไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ (RT – IT)

X_{bh} = เวลาที่นับจากจุดเริ่มต้นของการฆ่าเชื้อที่แก้ไขแล้วถึงจุดที่เส้นตรงทั้งสองตัดกัน

<u>การคำนวณหาค่า F_0 และ B_b</u>

$$\log g_{bh} = \log jI - \frac{x_{bh}}{f_h} \tag{2.4}$$

$$\log g_{h2} = [f_h \log jI + (f_2 - f_h)] \log g_{bh} - \frac{B_b}{f_2} \tag{2.5}$$

$$F_0 = [(\frac{f_2}{U_{h2}})F_i] - \frac{[r_{bh}(f_2 - f_h)]}{F_i(\frac{f_h}{U_{bh}})} \tag{2.6}$$

โดยที่

g_{bh} = จำนวนองศาที่ต่ำกว่าอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ ณ จุดตัดของ heating curve ทั้งสองเส้นและสัมพันธ์กับค่า (f_h/U_{bh})

g_{h2} = จำนวนองศาที่ต่ำกว่าอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อในภาชนะบรรจุ ณ จุดสิ้นสุดการให้ความร้อน ซึ่งค่า g_{bh} และ g_{h2} นำมาใช้เปิดตารางหาค่า f_h/U_{bh} และ f_h/U_{h2} ได้

r_{bh} = แฟคเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับ $\log g_{bh}$ สามารถเปิดได้จากตาราง

Charoen and Phungamngoen (2015) ศึกษาผลของความร้อนที่อุณหภูมิเชิงการค้าที่ F_0 = 5 ในอาหารไทย 4 อย่าง ได้แก่ หมูกระเทียม พะแนง แกงเผ็ด และแกงจืดที่บรรจุในกระป๋อง เนื่องจากอาหารแต่ละประเภทมีองค์ประกอบภายในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมือนกัน จึงทำให้มีการนำความร้อน และการพาความร้อน หรือหมุนเวียนความร้อนภายในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันทำให้อุณหภูมิความร้อนภายในบรรจุภัณฑ์เกิดขึ้นได้ไม่เท่ากัน จึงได้ทำการให้อุณหภูมิแก่อาหารแต่ละประเภทแตกต่างกันซึ่งพบว่า หมูกระเทียม และพะแนงจะต้องให้ระยะเวลาในการให้อุณหภูมินาน

กว่า ได้แก่ 120 และ 90 นาที ตามลำดับ แกงเผ็ด และแกงจืดมีส่วนของน้ำเป็นองค์ประกอบสูง จึงให้ระยะเวลาในการให้ความร้อนสั้นกว่าคือ 75 และ 30 นาที ตามลำดับ

2.6 บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (Retort pouch)

บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ คือ บรรจุภัณฑ์อาหารชนิดหนึ่งที่จัดเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดรีทอร์ทเพาซ์ (Flexible packaging) ทำจากฟิล์มหลายชนิดมาเชื่อมประสาน (Laminate) ขึ้นรูปเป็นถุง (Pouch) เป็นบรรจุภัณฑ์สามารถปิดผนึกสนิท (Hermetically sealed container) มีความแข็งแรง สามารถทนร้อน และความดันสูงได้ ใช้บรรจุอาหารที่ต้องการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Thermal processing) ระดับฆ่าเชื้อเชิงการค้าได้เหมือนกับบรรจุภัณฑ์แบบกระป๋อง โดยมักฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน (Retort) ชนิดสเปรย์น้ำแบบพ่นฝอยอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้ เช่นเดียวกับอาหารกระป๋อง

2.6.1 วัสดุที่ใช้ผลิตรีทอร์ทเพาซ์

รีทอร์ทเพาซ์มักทำด้วยวัสดุแผ่นบางหลายชนิดเชื่อมประสาน (Laminate) กัน ได้แก่

2.6.1.1 วัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้างหลักอยู่ด้านในสุดสัมผัสกับอาหาร โดยตรงเป็นโครงสร้างส่วนที่หนาที่สุด ทนทานความร้อนได้สูง มีความแข็งแรงสูง ทนความดันในหม้อฆ่าเชื้อ (Retort) ได้

- Polypropylene (PP) เป็นชั้นหนาที่สุด อยู่ด้านในสัมผัสกับอาหาร โดยตรง ใช้เป็นตัวที่ปิดผนึกด้วยความร้อน
- Polyethylene Terephthalate (PET) โดยใช้ในรูป CPET

2.6.1.2 วัสดุป้องกันการซึมผ่าน (Barrier material) อยู่ชั้นกลาง ใช้เพื่อป้องกันความชื้น แสง และแก๊ส

- แผ่นฟิล์มอะลูมิเนียม (Al) มีลักษณะทึบแสง ป้องกันความชื้น แสง และแก๊สได้ดี
- แผ่นฟิล์ม EVOH ซึ่งป้องกันการผ่านเข้าออกของก๊าซได้ดีมาก
- ไนลอน (Nylon)

2.6.1.3 วัสดุชั้นนอก (Outer layer) เป็นแผ่นฟิล์ม เช่น โพลีเอสเทอร์ อยู่ชั้นนอกสุดช่วยเรื่องความแข็งแรง ทนทาน ความเหนียว ทนร้อน และสามารถพิมพ์ (Printability) ข้อมูล หรือรูปภาพบนฟิล์มได้

2.6.2 ข้อดีของรีทอร์ทเพาซ์

2.6.2.1 อาหารที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ มีน้ำหนักเบา และขนส่งได้ง่าย

2.6.2.2 ตัวบรรจุภัณฑ์ มีน้ำหนักเบา ประหยัดค่าขนส่ง และประหยัดพื้นที่เก็บรักษา

2.6.2.3 แข็งแรง ไม่แตกหักง่าย

2.6.2.4 มีรูปร่างแบน มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากกว่าทำให้มีพื้นที่ถ่ายเทความร้อนได้มากความร้อนแทรกผ่านได้ดีกว่า ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Thermal processing) น้อยกว่าประหยัด

พลังงานกว่าเมื่อเทียบกับอาหารปริมาณเท่ากันที่บรรจุในกระป๋อง หรือขวดแก้ว นอกจากนั้นการใช้เวลาในการฆ่าเชื้อน้อย ช่วยทำให้รักษาคุณภาพอาหารด้านต่างๆ เช่น สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสของอาหารได้ดีกว่าเหมาะสำหรับอาหารที่ไวต่อความร้อน เช่น น้ำพริกแกง

2.6.2.5 สามารถพิมพ์สี ภาพถ่าย ข้อมูล ที่สวยงามดึงดูดความสนใจผู้บริโภคลงบนพื้นผิวได้เลย

2.6.2.6 การเปิดถุงเพื่อนำอาหารออกมาทำได้ง่ายกว่าการเปิดกระป๋องโลหะ โดยเฉพาะถ้าถุงนั้นมีรอยตัด เพื่อช่วยในการเปิด โดยสามารถเปิดถุงด้วยมือเปล่า โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยในการเปิด

2.6.3 ข้อจำกัดของรีทอร์ทเพาช์

2.6.3.1 มีการลงทุนเบื้องต้นค่อนข้างสูง เช่น หม้อฆ่าเชื้อ (Retort)

2.6.3.2 การควบคุมการให้ความร้อนจะยุ่งยาก เช่น จำเป็นต้องควบคุมปริมาณอากาศที่เหลืออยู่ในถุง ความหนาด้านข้างของซองส่วนผสมของไอน้ำ และอากาศในเครื่องฆ่าเชื้อ ตลอดจนชั้นวางแบบพิเศษภายในเครื่องฆ่าเชื้อ ที่จะต้องเอื้ออำนวยต่อการหมุนเวียน และกระจายความร้อนภายในเครื่องดังกล่าว

2.6.3.3 ภาชนะมักฉีกขาดง่าย จำเป็นต้องอาศัยการปกป้องจากภาชนะบรรจุชั้นนอก เช่น กล่องกระดาษอีกชั้นหนึ่ง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยระหว่างการขนส่ง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2556a)

สภาวะการใช้ความร้อนสำหรับการฆ่าเชื้อ ชนิดของอาหาร และวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ดังตารางที่ 2 โดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บอาหารสเตอริไลซ์พร้อมกับการเปรียบเทียบของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับอาหารสเตอริไลซ์ได้มีการรายงานของ Byun *et al.* (2010) เปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ส่วนประกอบของอลูมิเนียมฟอยล์ และไม่มีอลูมิเนียมฟอยล์ โดยใช้รีทอร์ทเพาช์ 3 ชนิด คือ 80 μpolypropylene (CPP); 12 μm Polyethylene terephthalate (PET)/15 μm Aluminum foil/CPP และ 12 μm AlOx-coated PET/15 μm Nylon/70 μm CPP (ALOX) บรรจุปลาซาลมอน และสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยใช้ค่า F_0 เท่ากับ 6 นาที เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 2 เดือนแรก มีปริมาณมาโลนาลดีไฮด์ (Malonaldehyde) สูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยปลาซาลมอนที่บรรจุเพาช์ที่ไม่มีส่วนประกอบของอลูมิเนียมฟอยล์ จะมีค่าความเป็นสีแดงลดลงอย่างชัดเจน และปลาซาลมอนที่บรรจุเพาช์ที่ไม่มีมีส่วนประกอบอลูมิเนียมฟอยส์มีปริมาณมาโลนาลดีไฮด์ สูงมากกว่าปลายซาลมอนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์อื่นถึง 2 เท่า

ตารางที่ 2.5 สภาวะการใช้ความร้อนสำหรับการฆ่าเชื้อ ชนิดของอาหาร และวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์

สภาวะการใช้ความร้อน	ชนิดของอาหาร	วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์*
พาสเจอร์ไรซ์ (60-80°C)	อาหารที่เป็นกรดสูง (ค่า pH ≤ 4.5) เช่น ผลไม้ ผลไม้ในน้ำเชื่อม และอาหารหมักดอง เป็นต้น	K-cell/PE, PET/PE KNY/PE, KPET/PE OP/Ewald/PE NY/Eward/PE, PPT/Eward/PE PET/Al/PE
การต้มที่อุณหภูมิ 85-100°C	อาหารที่เป็นกรดปานกลาง (ค่า pH 4.5-7.0) เช่น แฮม ปลาทูน่าในน้ำซีอิ้ว คามาโบโกะ เป็นต้น	PET/PE, NY/PE, PET/CPP NY/CPP, PET/Eward/PE PET/Al/CPP, NY/Al/CPP
การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง 100-120°C	อาหารที่เป็นกรดต่ำ (ค่า pH > 4.5) เช่น แกง ซุป และสตูว์ เป็นต้น	PET/CPP, NY/CPP PET/NY/CPP PET/Al/CPP, NY/Al/CPP

* PE (polyethylene, PT (ordinary cellophane, PET (polyester), KNY (vinyliden chloride coat NY), Ewarld (ewarld film; ethylene vinyl acetate copolymer saponification matter), NY (nylon; biaxial oriented), Al (aluminium foil) และ CPP (undrawn polypropylene)

ที่มา: Kawamura. (2000)

2.7 ผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท

คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยส่วนใหญ่จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะยกเว้นผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่ต้องการระยะเวลาการเก็บรักษา หรือการบ่มที่เหมาะสมเพื่อให้ส่วนประกอบต่างๆ ในอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งอายุของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะนับตั้งแต่เวลาผลิตจนถึงเวลาที่คุณภาพของผิตภัณฑ์อาหารไม่เป็นที่ยอมรับ (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุลงนั้น สามารถจำแนกการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนี้

2.7.1 การเสื่อมเสียจากบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท

โดยปกติแล้วการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ที่มีการบรรจุแบบปิดสนิทนั้นจะเป็นการควบคุมการเกิดจุลินทรีย์ที่เน่าเสีย และการออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งโดยปกติบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทจะสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติได้ระยะเวลาขั้นต่ำ 1 ปี (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2557) แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ยังคงสามารถเกิดการเสื่อมเสียได้จากกระบวนการผลิต หรือขั้นตอนการผลิต

ที่อาจจะไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งสามารถพบการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ 2 ทางด้วยกัน คือ ทางเคมีและทางจุลินทรีย์ (ผุสดี ตังวัชรินทร์. 2558)

2.7.1.1 การเสื่อมเสียทางเคมี การเสื่อมเสียชนิดนี้มักจะเกิดขึ้นกับภาชนะบรรจุผุกร่อน หรือเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของอาหารกับภาชนะบรรจุ การเสื่อมเสียมักเกิดจากการบวมจากก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น เรียกการเสื่อมเสียแบบนี้ว่า Hydrogen swell ซึ่งการเสื่อมเสียอาจจะเกิดที่บรรจุภัณฑ์เพียงแค่รูเข็ม หรือรอยแยกของภาชนะบรรจุซึ่งทำให้เกิดรอยรั่วอาหารเสื่อมเสียเช่นเดียวกับการเสื่อมเสียหลังการผลิต

Shah *et al.* (2017) ทำการประเมินผลอายุการเก็บรักษาของ Rogan josh (อาหารพื้นเมืองของชาวอินเดีย) ที่บรรจุลงในรีทอร์ทเพาซ์ ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส โดยมีค่า F_0 เท่ากับ 11 นาที จากนั้นทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่า มีค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์มีค่ามากขึ้น รวมทั้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระ และสารปฏิกิริยาไทโอบาร์บิทูริกที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ด้านความปลอดภัยทางจุลินทรีย์และลักษณะทางประสาทสัมผัสสามารถยอมรับได้ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา

2.7.1.2 การเสื่อมเสียโดยจุลินทรีย์ การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์โดยจุลินทรีย์มีปัจจัยในการเสื่อมเสียหลายอย่าง (ดังภาพที่ 2.14) โดยสามารถสังเกตลักษณะภายในบรรจุภัณฑ์ได้ คือการบวมของภาชนะบรรจุ ไม่ว่าบวมด้านใดด้านหนึ่ง หรือทั้งสองด้าน ซึ่งจะเป็นตัวชี้ว่าอาหารข้างในนั้นเสื่อมเสีย การบวมโดยส่วนใหญ่มักเกิดจากการสร้างแก๊ส เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ยกเว้นกลุ่มที่สร้างสปอร์จะผลิตกรด และเกิดความเปรี้ยวจากกรด ซึ่งเรียกว่า Flat sour spore forming bacteria จุลินทรีย์กลุ่มนี้มักจะทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสีย แต่ไม่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ซึ่งสาเหตุของการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ในอาหารที่ผ่านความร้อนมีโอกาสเกิดขึ้น จากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง ดังนี้

(1) Incipient spoilage เกิดจากการเจริญของแบคทีเรีย ยีสต์ รา ก่อนการฆ่าเชื้อ

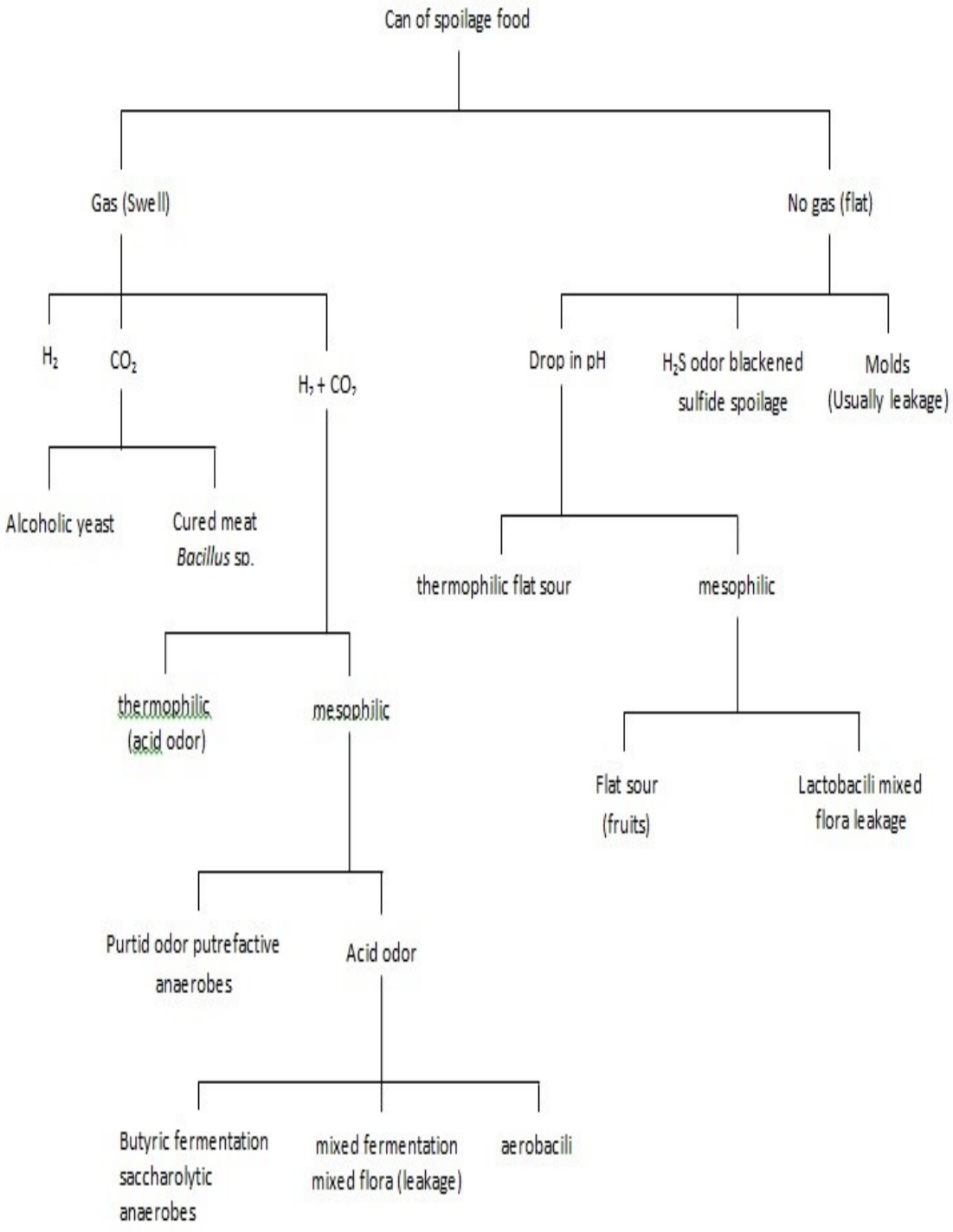
(2) Post – process contamination เกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์ที่เข้าไปในผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้ว

(3) Under – processing เกิดจากการเจริญของแบคทีเรียที่เหลือรอดจากการให้ความร้อนในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อที่ไม่เพียงพอ

(4) Thermophilic spoilage เกิดจากการเจริญของแบคทีเรียทนความร้อนที่เหลือรอดจากกระบวนการฆ่าเชื้อ สามารถเจริญและทำให้อาหารเสื่อมเสียได้หากเก็บรักษาไว้ท่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาแบบปกติ

(5) Acid – tolerant spore – formers spoilage การเสื่อมเสียจากแบคทีเรียร้างสปอร์กลุ่มทนกรด (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2557)

Rajkumar (2008) ทำการศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แบบอ่อนตัวของ Chettinad (อาหารพื้นเมืองประเทศอินเดีย) จากเนื้อแพะ โดยทำการให้ความร้อนแบบสเตอริไลซ์ระดับฆ่าเชื้อเชิงการค้า และทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (32±2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 10 เดือน ผลคือไม่พบจุลินทรีย์ *Staphylococcus, Clostridium, Coliform,* ยีสต์และรา เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้เชื้อไม่พึงประสงค์ตายลงและทำให้เก็บผลิตภัณฑ์ได้นาน นอกจากนี้การเก็บรักษายังคงมีผลต่อค่าของสี คือ ค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีแดง พบว่าหลังจากการเก็บรักษานาน 4 เดือน ค่าความเป็นสีแดงจะลดลง และจะเพิ่มขึ้นจนถึงเดือนที่ 6 จะลดลงอีกครั้ง ด้านเนื้อสัมผัสพบว่าค่าความแข็ง ค่าความเหนียว ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวได้จะมีการลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งค่ากรดไขมันอิสระหลังจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีการเพิ่มมากขึ้นของกรดไขมันไม่อิ่มตัว



ภาพที่ 2.14 การเสื่อมเสียรูปแบบต่างๆ ของอาหารกระป๋องที่มีจุลินทรีย์เป็นสาเหตุ

ที่มา: Frazier and Westhoff (1988)

2.7.1.3 ข้อกำหนดด้านจุลินทรีย์ของอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

ผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดต่ำ คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.6 และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ มากกว่า 0.85 จะต้องไม่มีจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิปกติ

ผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดสูง คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.6 ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานเฉพาะตรวจพบแบคทีเรียที่เจริญโตได้ไม่เกิน 1,000 โคโลนี ต่ออาหาร 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หรือ 55 องศาเซลเซียส และจะต้องตรวจพบยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม และตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม หรือตรวจแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 กรัม ในกรณีที่ตรวจด้วยวิธี MPN (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2557)

2.7.2 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะในบรรจุปิดสนิท

2.6.2.1 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะปกติ

การทดสอบในสภาวะปกติ โดยการเก็บผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจะทดสอบไว้ที่สภาวะควบคุมปกติ ซึ่งจะต้องทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบคุณภาพเป็นระยะๆ จนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นเสื่อมเสียคุณภาพจนไม่เป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งมีการกำหนดให้ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นการเก็บรักษาจนถึงเวลาที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ เป็นอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์นั้น (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550)

Rajkumar (2008) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์แกงเนื้อแพะ Chettinad โดยประยุกต์ใช้กระบวนการผลิตแบบ Retort pouch ได้ประเมินคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (32±2 องศาเซลเซียส) พบว่า การประยุกต์ใช้อุณหภูมิสูง (Retort) มีค่าอัตราการตายของจุลินทรีย์ (F_0) เท่ากับ 12.10 นาที สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ 10 เดือน โดยไม่มีการเสื่อมเสียใดๆ ที่ส่งผลต่อคุณค่าโภชนาการและคุณภาพทางประสาทสัมผัสซึ่งผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่คล้ายกันสามารถนำมาแปรรูปโดยใช้เทคนิคข้างต้นได้

Bindu *et al.* (2004) ศึกษาการเก็บรักษาหอยแมลงภู่พร้อมรับประทานในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ โดยกำหนดให้มีค่า F_0 เท่ากับ 9 นาที โดยใช้ความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส เท่ากับเวลา 10 นาที และทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน และทำการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่า ในช่วงระยะเวลา 6 เดือนแรก รสชาติยังคงเหมือนเดิม หลังจากนั้นรสชาติจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง แต่รสชาติหวานจะเปลี่ยนแปลงไปในช่วงระยะเวลาหลังจากการเก็บ 6 เดือน และการยอมรับโดยรวมจะเปลี่ยนแปลงไปหลังระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 6 เดือน

Delaquts *et al.* (1985) ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แฮมพาสเจอร์ไรส์ และแฮมสเตอริไลซ์ระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบอ่อนตัว ซึ่งแฮม

พาสเจอร์ไรซ์จะ ให้ความร้อนที่ 76 องศาเซลเซียส จนมีอุณหภูมิใจกลางที่ 71 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็นและเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จากนั้นนำแฮมส่วนหนึ่งที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์หลังแช่ในห้องเย็นแล้วนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปเก็บที่สภาวะเย็น และปกติ ทำการตรวจคุณภาพด้านจุลินทรีย์ พบว่า แฮมสเตอริไรซ์มีอายุการเก็บรักษานานกว่าแฮมพาสเจอร์ไรซ์โดยตรวจจากผลการทดลองที่เติมเชื้อ *C. sporogenes* ลงไปในผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามจากกระบวนการดังกล่าว การฆ่าเชื้อสเตอริไรซ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที เก็บรักษาในสภาวะปกติ (30±1 องศาเซลเซียส) ไม่เพียงพอต่อการทำลายเชื้อ *C. sporogenes* โดยพบว่าแฮมสเตอริไรซ์มีการบวมของภาชนะเกิดขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 30 วัน

Maheswara *et al.* (2011) ศึกษาการให้ความร้อนระดับฆ่าเชื้อเชิงการค้าแก่แกงปลาทูน่ากระป๋องสองชนิดที่แตกต่างกัน โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 70 นาที มีค่า F_0 ของกระป๋องสองชนิดที่แตกต่างกัน คือ กระป๋องที่ปราศจากโลหะ เท่ากับ 10.23 นาที และกระป๋องลักษณะบาง เท่ากับ 10.13 นาที จากนั้นทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 เดือน และได้ตรวจวิเคราะห์ค่าทางชีวเคมี และค่าการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่า total volatile base nitrogen และ trimethylamine nitrogen เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื่องจากอาจจะเกิดจากการแตกตัวของโปรตีน กรดอะมิโนหรือพันธะไนโตรเจนอื่นๆ เช่น trimethylamine oxide, nucleic acids และ amines อีกทั้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่าการออกซิเดชันของไขมันลดลง และมีค่าความเป็นกรดด่างลดลงอีกด้วย ทางด้านการยอมรับได้ทางประสาทสัมผัสพบว่ามีระดับคะแนนความชอบในด้าน สี กลิ่นผิดปกติ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ที่ 7 – 8 ใน 9 ระดับคะแนนความชอบ

2.8 การพัฒนาลผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

สาริตา มหศักดิ์สุนทร และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาหมูยอด้วยการบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ โดยศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (สภาวะที่ 1) 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (สภาวะที่ 2) 116 องศาเซลเซียส 15 นาที (สภาวะที่ 3) และ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที (สภาวะที่ 4) ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (นึ่งให้สุกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที) พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับหมูยอในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ในสภาวะที่ 2 มากที่สุด และมีคะแนนใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐาน มอก. กำหนด ค่า a_w ค่าสี และเนื้อสัมผัสมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม แต่ค่าการออกซิเดชันของไขมันมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น และผู้บริโภคยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 75 วัน

พรพรรณ ชิวารักษ์ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษากระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเนื้อจระเข้ตุ๋นบรรจุรีทอร์ทเพาช์ แบ่งเป็น 3 ตอน คือ ศึกษาอัตราส่วนเนื้อจระเข้ต่อน้ำตุ๋น กำหนดให้อัตราส่วนน้ำตุ๋นอยู่ในช่วงร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 70 และอัตราส่วนเนื้อจระเข้ที่บรรจุอยู่ในช่วงร้อยละ 30 ถึงร้อยละ 90 นำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์ทางเคมี และกายภาพ ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี ค่าสีเนื้อสัมผัส ความข้นหนืดของน้ำซุป และคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าอัตราส่วนเนื้อจระเข้ต่อน้ำเป็น 20:80 มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด นำผลิตภัณฑ์ไปปรับอัตราส่วนเครื่องปรุง โดยเลือกปริมาณเกลือในช่วงร้อยละ 0.1 ถึงร้อยละ 2.0 และปริมาณน้ำตาลในช่วงร้อยละ 0.5 ถึงร้อยละ 5.0 พบว่าปริมาณเกลือและน้ำตาลที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 1.05 และ 2.75 ตามลำดับ จากนั้นทำการศึกษาอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด

พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาผลของสายพันธุ์ไก่กอและระดับการสเตอริไลซ์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอและพร้อมบริโภคในรีทอร์ทเพาช์ พบว่าสายพันธุ์ไก่มีผลตอสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ ($P<0.05$) โดยเนื้อไก่พันธุ์ตะนาวศรี มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าเนื้อไก่พันธุ์เนื้อ และเมื่อนำมาแปรรูปเป็นไก่กอและเนื้อไกพันธุ์ตะนาวศรีมีค่าความแข็งและความยืดหยุ่นสูงกว่าไก่พันธุ์เนื้อ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กกว่า และเนื้อมีคะแนนความนุ่มและความชุมน้ำน้อยกว่าเนื้อจากไกพันธุ์เนื้อ การเปรียบเทียบชิ้นส่วนอกและส่วนสะโพก พบว่า เนื้อสะโพกมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนสูงกว่าเนื้ออก ($P<0.05$) มีปริมาณไขมันสูงกว่า มีเนื้อสัมผัสค่าแรงเฉือนและค่าความแข็งสูงกว่า และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กกว่า ($P<0.05$) ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผู้ประเมินชอบเนื้อไก่ส่วนสะโพกมากกว่าส่วนอก ($P<0.05$) การศึกษาระดับของการสเตอริไลส์ที่ F_0 เท่ากับ 4 และ 8 นาที พบว่าระดับของการสเตอริไลส์ไม่มีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ไก่กอและ แต่มีผลต่อค่าแรงเฉือนผลิตภัณฑ์ทุกการทดลองไม่พบจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนีในอาหารกรดต่ำตามมาตรฐานอุตสาหกรรม การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคคนไทยและมาเลเซียให้การยอมรับไก่กอและที่เตรียมจากไก่เนื้อและไก่ตะนาวศรีร้อยละ 82.09 และ 88.06 จากนั้นทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอและในรีทอร์ทเพาช์เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าพีเอชลดลงเล็กน้อยและมีปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย มีค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ค่าสีเหลืองลดลง เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้านความแข็งสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนาน 3 เดือน ไม่พบจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นดัชนีในอาหารสเตอริไลส์ และผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบโดยรวมมากกว่า 7.00 เมื่อพิจารณาจากคุณภาพและต้นทุนการผลิต การใช้เนื้อไก่ส่วนอกและส่วนสะโพกของไก่เนื้อสเตอริไลส์ที่ระดับ F_0 เท่ากับ 8 นาที ในการผลิตไก่กอและพร้อมบริโภคในรีทอร์ทเพาช์มีศักยภาพที่จะพัฒนาเพื่อผลิตเชิงพาณิชย์ได้

พฤกษา สวาทสุข (2559) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 30 40 และ 50 นาที มีค่า F_0 เท่ากับ 7.7 8.8 และ 12.1 นาที ตามลำดับ ปลาทูต้มเค็มที่ผ่านการฆ่าเชื้อนานตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไป สามารถทำให้ก้างปลานิ่มได้เช่นเดียวกับการผลิตแบบดั้งเดิมซึ่งต้องต้มเคี่ยวนานถึง 7 ชั่วโมง ระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่นานขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ค่าความสว่างของเนื้อปลาทูมีค่าลดลง และค่าความเป็นสีแดงของเนื้อปลาและน้ำต้มเค็มมีค่าสูงขึ้น จากการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนนานขึ้นมีแนวโน้มที่ทำให้เนื้อปลามีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น ค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้นแต่ระหว่างการให้ความร้อน 30 10 40 และ 50 นาที พบว่าค่าความแข็งสูงขึ้นก็จริงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) หลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 30 วัน ที่อุณหภูมิห้องตรวจไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดในทุกระดับเวลาฆ่าเชื้อ ผลิตภัณฑ์ปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ทุกระดับได้รับการยอมรับความชอบทุกด้านจากผู้ทดสอบ 13 คน โดยมีคะแนนทางด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากวิธีดั้งเดิม ($P<0.05$)

Rajkumar *et al.* (2010) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์แกงเนื้อแพะในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ โดยใช้บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์แบบ 4 ชั้น ขนาด 20×15 เซนติเมตร ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักสุทธิ 250 กรัม (เนื้อ : น้ำเครื่องแกง 2 : 1) นำมาผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่ค่า F_0 เท่ากับ 12.1 นาที พบว่าความร้อนในระดับการฆ่าเชื้อเชิงการค้าทำให้ค่าทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า กรดด่าง ค่าการออกซิเดชันของไขมัน คอเลสเตอรอล มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า ส่วนทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (ความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลือง) ค่าความแข็ง ค่าการเกาะติดกัน ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวได้ มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า ($P<0.05$) ทั้งนี้ทั้งนั้นพบว่าคุณค่าทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความชุ่มฉ่ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าการยอมรับได้โดยรวม ($P<0.05$) จากผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 6 ท่าน ให้ค่าระดับคะแนนความชอบอยู่ที่ 8–8.5 ใน 9 ระดับ

Choi *et al.* (2013) ได้ทำการศึกษากระบวนการใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เนื้อบดขึ้นรูปพร้อมบริโภค พบว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 27.30 นาที ด้วยกระบวนการผลิตแบบสเปรย์น้ำร้อน หรือ 119.1-119.7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18.30-19.65 นาที ด้วยกระบวนการผลิตแบบ water-cascading rotary มีความเหมาะสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส และโภชนาการของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 119.4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18.55 นาที ด้วยกระบวนการผลิตแบบ water-cascading rotary มีความเหมาะสมต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

Shah *et al.* (2017) ได้ศึกษาการประเมินอายุการเก็บรักษาของแกงเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ โดยทำการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีค่า F_0 แตกต่างกันดังนี้ 7 8 9 10 และ 11 นาที จากนั้นทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือนที่อุณหภูมิปกติ (28±2 องศาเซลเซียส) พบว่า ทุกกลุ่มมีค่า ความเป็นกรด-ด่าง แรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ($P<0.05$) โดยมีปริมาณกรดไขมันอิสระและค่าการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) นอกจากนี้ทุกกลุ่มมีความปลอดภัยทางจุลินทรีย์และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตาม การฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่มีค่า F_0 เท่ากับ 9 นาที ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1) 1,1,3,3 – Tetraethoxypropane (Sigma, Germany)
2) 2 – Thiobarbituric acid (TBARs) (Sigma, Germany)
3) Acetic acid (Merck, Germany)
4) Activated carbon (Chemepan, Thailand)
5) Alcohol (Merck, Germany)
6) Bactident Coagulase (Rabbit plasma) (Merck, Germany)
7) Baird-Parker agar (BP-agar) (Merck, Germany)
8) Boric acid (Merck, Germany)
9) Buffer peptone water (Merck, Germany)
10) Catalyst (Merck, Germany)
11) Chloramines T (Merck, Germany)
12) Citric acid (Merck, Germany)
13) Dextrose tryptone agar (Himedia, India)
14) Dimethylaminobenzaldehyde (DABA) (Sigma, Germany)
15) Eosin Methylene – Blue Lactose Sucrose Agar (EMB agar) (Merck, Germany)
16) Fluorocult LMX broth modified (Merck, Germany)
17) Folin reagent (Merck, Germany)
18) Hektoen Enteric Agar (Merck, Germany)
19) Hydrochloric acid (J.T.Baker, America)
20) Hydroxyproline (Sigma, Germany)
21) Iodine resublimed (Merck, Germany)
22) Iron milk medium (Merck, Germany)
23) Isopropanol (Merck, Germany)
24) Kovac's Indole reagent (Merck, Germany)
25) Lysine Iron Agar (LIA) (Merck, Germany)
26) Methyl red indicator (Merck, Germany)
27) Methyl red-VogesProskauer (MR-VP) broth (Merck, Germany)

28) Muller-Kauffmann Tetrathionate-Novobiocin broth (MKTTn) (Merck, Germany)
29) Novobiocin broth (Merck, Germany)
30) Perchloric acid 75% (Carlo, France)
31) Petroleum Ether (Merck, Germany)
32) Plate Count Agar (PCA) (Merck, Germany)
33) Potassium iodide (Merck, Germany)
34) Potato Dextrose Agar (PDA) (Merck, Germany)
35) RV broth (Merck, Germany)
36) Simmon's citrate agar (Merck, Germany)
37) Sodium acetate (Merck, Germany)
38) Sodium chloride (NaCl) 0.85 % (Merck, Germany)
39) Sodium chloride (Merck, Germany)
40) Sodium citrate (Merck, Germany)
41) Tartarlic acid (Merck, Germany)
42) Thioglycollate broth (Merck, Germany)
43) Trichloroacetic acid (TCA) (Merck, Germany)
44) Triple Sugar Iron (TSI) (Merck, Germany)
45) Trisodium citrate (Merck, Germany)
46) Tryptophan broth (Merck, Germany)
47) Tryptose sulfite Cycloserine Agar (Merck, Germany)

3.2 วัสดุ –อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1) เครื่องบดเนื้อ (Biro medel 346-3, USA)
2) ตู้อบลมร้อน (Binder, Model FD 115, Germany)
3) เครื่องชั่งชนิดหยาบ (Tanita model 1144, Tanita Corporation, Japan)
4) เครื่องชั่งชนิดละเอียด (Sartorius, Basic, Germany)
5) ตู้เขี่ยเชื้อแบบ Laminar Flow (Dwyer model merk II, USA)
6) ตู้บ่มเพาะเชื้อจุลินทรีย์ (WTB Binder model BD, Germany)
7) ตู้อบเครื่องแก้ว (Hot-air oven, Memmert model CM500, Germany)
8) หม้อนึ่งความดันสำหรับฆ่าเชื้อ (Hirayama model HVE 50, Japan)
9) อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath, Memmert, Germany).
10) เครื่องผสมสารละลายในหลอดทดลอง (Vortex Mixer KMC-1300V, Korea)

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

12) ไมโครเวฟ (Toshiba model ER-G8C, Thailand)

13) เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น

14) ไมโครปิเปต ขนาด 100, 200 และ 1,000 ไมโครลิตร (Finnpipette F3, USA)

15) เครื่องวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler, Instron Model 1011)

16) เครื่องวัดค่าสีของเนื้อ (Hunterlab Mini Scan EZ)

17) เครื่อง Homogenizer (Ultra tarrax, Germany)

18) เครื่องกลั่นโปรตีน (Gerhardt model Vapodest 30, Germany)

19) เครื่องหมุนเหวี่ยง (Sigma2-16KL, Sigma, Germany)

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

21) เครื่องวัดค่า กรด-ด่าง (Mettler Toledo medel SG-2, Switzerland)

22) เครื่องกลั่นโปรตีน (Gerhardt model Vapodest 30, Germany)

23) เครื่องย่อยไขมัน (Gerhardt model ,Germany)

24) เตาเผาอุณหภูมิสูง (Blue, KMITL Thailand)

25) เครื่อง Data logger รุ่น Ellab CTF 9008 (Ellab A/S, Denmark)

26) หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Km Grand Pack Co., Ltd, Thailand)

27) ถุงสุญญากาศชนิด K-Nylon/LLDPE

28) Autopipette ขนาด 10, 200, 1000 µl และ 5, 10 ml

29) บีกเกอร์ขนาด 250, 500, 1000 ml

30) กระบอกตวง

31) หลอดทดลองขนาดเล็กและเครื่องแก้วชนิดและขนาดต่างๆ

32) กรวยกรอง

33) นาฬิกาจับเวลา

34) กระดาษกรองเบอร์ 54 และ 1 (Whatman #54,1) (Merck, Germany)

ในการทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น 6 การทดลอง ดังนี้

วัตถุประสงค์	กิจกรรม
<u>การทดลองที่ 1</u> **ศึกษาคุณสมบัติของเนื้อสะโพกโคขุน**	1. ศึกษาคุณสมบัติของเนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งและโคขุนเกรดดีเยี่ยม โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยมีปัจจัยคือ ระดับไขมันแทรก 3 ระดับ ได้แก่ 1. เนื้อโคขุนคัดทิ้ง 2. เนื้อโคขุนเกรดดีเยี่ยมที่มีไขมันแทรก 2 และ 3. เนื้อโคขุนเกรดดีเยี่ยมที่มีไขมันแทรก 3 โดยทำทั้งสิ้น 3 ซ้ำการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ 1.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อโคขุนคัดทิ้ง และโคขุนเกรดดีเยี่ยมระดับไขมันแทรก 2 และ 3 ได้แก่ 1) ค่าการสูญเสียระหว่างการปรุงสุก 2) ค่าสี (CIE L*, a*, b*, Chroma และ Hue angle) 3) ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear force) 4) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (TPA) 1.2 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อโคขุนคัดทิ้งและโคขุนเกรดดีเยี่ยม ได้แก่ ระดับไขมันแทรก 2 และ 3 1) องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน คาร์โบไฮเดรต) 2) ค่าความเป็นกรด–ด่าง 3) การออกซิเดชันของไขมัน 4) ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด 5) ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายในน้ำ
<u>การทดลองที่ 2</u> **ศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า ปรับปรุงสูตรเนื้อโคตุ๋นยาจีน และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส**	2. แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยดังนี้ 2.1 ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ (เนื้อและเครื่องยาจีน) - Mesophilic aerobic bacteria - Thermophilic aerobic bacteria - Yeast and molds

	- *E. coli* - *S. aureus* - *Salmonella* spp. 2.2 ปรับปรุงสูตรเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนโดยมีปัจจัยในการทดลองทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ ได้แก่ น้ำตาล (ร้อยละ 5.5 6.5 และ 7.5) ซอสปรุงรส (ร้อยละ 7.5 8.5 และ 9.5) และระยะเวลาในการตุ๋น (1 ชั่วโมง, 1ชั่วโมง 30 นาที และ 2 ชั่วโมง) โดยใช้แผนการทดลองแบบ 3x3x3 Factorial in RCBD โดยทำทั้งสิ้น 3 ซ้ำการทดลอง เพื่อศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ 1) ค่าสี (CIE L*, a*, b*) 2) ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล 3) ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear force) 4) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (TPA) 5) ศึกษาความชอบโดยรวมของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale
<u>การทดลองที่ 3</u> **การออกแบบกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์**	3. แบ่งการทดลองย่อยออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้ 3.1 ศึกษาปริมาณ วิธีการบรรจุและการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ 3.2 ศึกษาผลของค่า F_0 ที่แตกต่างกัน ในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลองเป็นแบบ RCBD โดยทำทั้งสิ้น 3 ซ้ำการทดลอง โดยปัจจัยที่กำหนดเป็นดังนี้ 1) F_0 = 8 นาที 2) F_0 = 10 นาที 3) F_0 = 12 นาที 3.2.1) วัดผลโดยการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพ การตรวจจุลินทรีย์ และทดสอบค่าทาง

	ประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ดังนี้ 1) การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก 2) ค่าสี (CIE, L*, a*, b*, chroma และ Hue angle) 3) ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล 4) ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear force) 5) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (TPA) 3.2.2) ตรวจหาจุลินทรีย์ทั่วไป ดังต่อไปนี้ 1) Aerobic plate count ของจุลินทรีย์กลุ่ม Mesophile, Thermophile และ Thermotolerant 2) Anaerobic plate count ของจุลินทรีย์กลุ่ม Mesophile, Thermophile และ Thermotolerant 3) Flat Sour Bacteria 4) Yeasts and Molds 5) Coliforms และ *E. coli* 6) *Salmonella* spp. 7) *C. perfringens* 8) *C. botulinum* 9) *S. aureus* 3.2.3) ทดสอบความปลอดเชื้อ (Sterility test) 3.2.4) ศึกษาความชอบโดยรวมของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale
<u>การทดลองที่ 4</u> เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน	นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 3 มาเปรียบเทียบคุณภาพโดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD มีปัจจัยในการทดลองคือ ระดับไขมันแทรกของเนื้อสะโพก 3 ระดับ ได้แก่ 1) เนื้อโคขุนคัดทิ้ง 2) เนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ 3) เนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 3

	ทำการวิเคราะห์ผลของลักษณะทางกายภาพ - เคมี และทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังต่อไปนี้ 4.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ ได้แก่ 1) ค่าสี (CIE, L*, a*, b*, chroma และ Hue angle) 2) ดัชนีค่าการเกิดสีน้ำตาล 3) ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear force) 4) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (TPA) 4.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อโคตุ๋นยาจีนบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ ได้แก่ 1) องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน คาร์โบไฮเดรต) 2) ค่าความเป็นกรด–ด่าง 3) การออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) 4) ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด 5) ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายในน้ำ 4.3 ศึกษาความชอบโดยรวมของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale
<u>การทดลองที่ 5</u> **ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในสภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง)**	5. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ทำการสุ่มตัวอย่างทุก 4 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 52 สัปดาห์ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ต่อไปนี้ 5.1) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ 1) Sterility test 2) ค่าสี (CIE L*, a* b*, chroma และ Hue angle) 3) ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล

	4) ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear force) 5) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (TPA) 5.2) คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ 1) ค่าความเป็นกรด–ด่าง 2) การออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) 3) ตรวจค่าการย่อยสลายโปรตีนด้วยวิธี TCA - soluble peptide 5.3) ตรวจหาจุลินทรีย์ ดังนี้ 1) Aerobic plate count ของจุลินทรีย์กลุ่ม Thermophile และ Thermotolerant 2) Anaerobic plate count ของจุลินทรีย์กลุ่ม Thermophile และ Thermotolerant 3) Flat Sour Bacteria 4) Yeasts and Molds 5) Coliforms และ *E. coli* 6) *Salmonella* spp. 7) *S. aureus* 8) *C. perfringens* 9) *C. botulinum* 5.4) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยศึกษาการทดสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (Difference from control test) ด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สีของชิ้นเนื้อและน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัสของชิ้นเนื้อ กลิ่นผิดปกติ และความชอบโดยรวม โดยกำหนดให้คะแนนความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 - 5
<u>การทดลองที่ 6</u> **วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์**	6.1) การวิเคราะห์หาค่าพลังงานที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ 6.2) การวิเคราห์หาสารอาหารที่ต้องการในชีวิตประจำวันที่จะได้รับจากเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนบรรจุรีทอร์ทเพาซ์

	6.3) การวิเคราะห์วิตามินที่จะได้รับจากผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ 6.4) การวิเคราะห์สารอาหารที่ต้องระวังที่จะได้รับจากผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ เช่น โซเดียม น้ำตาล และไขมัน 6.5) การวิเคราะห์หาสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น Fatty acid profile และ Amino acid profile

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งที่มีระดับไขมันแทรกแตกต่างกัน

วัตถุดิบเนื้อสัตว์ที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่ เนื้อโคขุนคัดทิ้ง ได้รับความอนุเคราะห์จาก คุณวิบูลย์ ไวยสุระสิงห์ โดยเนื้อโคขุนคัดทิ้งเนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตไม่ดี หรือขุนไม่ขึ้น รวมทั้งพบอาการผิดปกติ หรือบาดเจ็บ โดยมีน้ำหนักโคมีชีวิตไม่เกิน 549 กิโลกรัม ขนส่งเนื้อโค จาก สุระสิงห์ ฟาร์ม ไปยังโรงเชือดและตัดแต่งที่โรงฆ่าโคเนื้อ (เอกชน) เลขที่ 210 หมู่ที่ 3 ตำบล ตะเคียนเตี้ย อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จากนั้นนำเนื้อโคชิ้นส่วนสะโพก น้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม และขนส่งภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไปที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากนั้นทำการ แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศา เซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง

เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกเกรด 2 และ 3 ได้รับความอนุเคราะห์จาก คุณวิบูลย์ ไวยสุระสิงห์ โดยเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 มีน้ำหนักโคมีชีวิต 550 กิโลกรัมขึ้นไป ขนส่งมายัง บริษัท ประกอบ บีฟ โปรดักส์ จำกัด ซึ่งเป็นโรงเชือดและแปรรูปเนื้อวัว ตั้งอยู่ที่ ตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี จากนั้นทำการเกรดซากตามมาตรฐานสินค้า เกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547) ด้วยการพินิจโดยมีระดับไขมันแทรกอยู่ในเกณฑ์ น้อยมาก และ น้อย หลังจากนั้นทำการบ่มซากที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นขนส่งซากไปยัง ศูนย์วิจัยและ พัฒนาผลิตผลจากสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพื่อทำการ รอการตัดแต่ง ซาก โดยซากแต่ละซากอาจจะมีระยะเวลาในการบ่มไม่เท่ากัน เมื่อตัดแต่งซากเสร็จ ทำการบรรจุถุง สุญญากาศและเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จากนั้นขนส่งภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มา ที่ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากนั้นทำ การ แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง

ก่อนการเริ่มการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี-กายภาพ ทำการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศา เซลเซียส เนื้อโคขุนเกรดต่างๆ เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง

3.3.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

(1) การตรวจวัดค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก (Cooking loss) โดยวิธีการของ Serrano *et al.* (2007) การวัดค่าการสูญเสียน้ำหนักของชิ้นส่วนเนื้อโคหลังการให้ความร้อน โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อน (W_c) และหลังการให้ความร้อน (W_d) เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของน้ำหนักหลังการให้ความร้อนจากสูตร

$$\text{Cooking loss} = \frac{W_c - W_d}{W_c} x100 \quad (3.1)$$

(2) การวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสีแบบพกพาด้วยเครื่อง Colorimeter MiniScan EZ400L (Henter Lab Inc., Reston, VA, USA) โดยการวางตัวอย่างของชิ้นเนื้อบนกระดาษสีขาว แล้วนำหัววัดวางตรงกลางของชิ้นส่วน ซึ่งการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์จะวัดด้านบนของชิ้นเนื้อ โดยแสดงค่าวัดที่ได้เป็น L* a* และ b* โดยทำการวัด 3 ซ้ำต่อชิ้นเนื้อและทำการหาค่าเฉลี่ย

โดยที่ค่า L* แทนค่าความสว่าง 0 (ดำ) ถึง 100 (สว่าง)

a* แทนค่าสีแดง (+) และสีเขียว (-)

b* แทนค่าสีเหลือง (+) และสีน้ำเงิน (-)

คำนวณค่า Chroma และ Hue angle ตามสมการที่ (3.2) และ (3.3) ตามลำดับ ดังนี้

$$\text{Chroma} = \sqrt{b^{*2}} + \sqrt{a^{*2}} \quad (3.2)$$

$$\text{Hue angle} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.3)$$

(3) วิเคราะห์ค่าแรงเฉือน (Shear force) ดัดแปลงวิธีการของ Bourne (1978) โดยใช้หัววัด Warner-Bratzler shear ด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) รุ่น 3344 ตัดตัวอย่างตามแนวยาวของกล้ามเนื้อขนาด 10×10×25 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชิ้น วัดค่าที่อุณหภูมิห้อง และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Instron จากนั้นบันทึกผลการทดลอง

(4) วิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analysis; TPA) ดัดแปลงวิธีการของ Bourne (1978) โดยใช้หัววัด cylindrical aluminum probe (50mm diameter) ด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) รุ่น 3344 ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นขนาด 30×30 มิลลิเมตร วัดค่าที่อุณหภูมิห้อง และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Instron บันทึกค่าความแข็ง (Hardness : N) ค่าความเหนียวคล้ายยาง (Gumminess : N) ค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness : N) ความยืดหยุ่น (Springiness : ratio) และค่าการเกาะรวมตัว (Cohesivenrss : ratio)

3.3.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

(1) องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis)

1) การวิเคราะห์ค่าโปรตีน ด้วยวิธีการ Kjeldahl method ตามวิธีของ AOAC (2016) โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Catalyst mixture 7 กรัม (คอปเปอร์ซัลเฟต 0.46 กรัม และ โพแทสเซียมซัลเฟต) ประมาณ 7 กรัม ใส่กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปย่อยบนเตาย่อย เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส และทำการเร่งความร้อนให้ถึง 380 – 400 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายในหลอดเป็นสีเขียว - น้ำเงิน จากนั้นนำไปกลั่น โดยเติมสารละลายกรดบอริคร้อยละ 4 ที่เตรียมไว้ใส่ในฟลาสขนาด 250 มิลลิลิตร ประมาณ 75 มิลลิลิตร ใส่อินดิเคเตอร์ (โบรโมครีซอล กรีน ผมสกับ เมทิลเรด) 2 – 3 หยด และนำไปวางในเครื่องกลั่น จากนั้นดำเนินการกลั่น เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 มิลลิลิตร กลั่นเป็นระยะเวลา 4 นาที นำสารละลายที่ได้มาไทเทรต ด้วย 0.1N HCl จนถึงจุดยุติที่สารละลายสีชมพู จากนั้นทำการคำนวณ ด้วยสูตร

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(S-B)\times N\times 1.4007}{A} \qquad (3.4)$$

เมื่อกำหนด A = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง

B = ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ในการไทเทรตกับ Blank (ml)

S = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง (ml)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ไทเทรต (N)

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} \times 6.25 \qquad (3.5)$$

2) การวิเคราะห์ปริมาณของไขมัน ตามวิธีของ AOAC (2016) โดยวิธีดังนี้ อบ Extration Beaker ที่ 100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ จากนั้นทำให้เย็นในโหลดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก จากนั้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน Thimble นำ Thimble ใส่ลงใน Extraction Beaker เติมปิโตรเลียม อีเทอร์ 50 มิลลิลิตร นำเข้าชุดสกัดไขมัน เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำ Thimble ออกแล้วนำ Extraction Beaker มาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเวลเซียส จนน้ำหักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและทำการชั่งน้ำหนัก

3) การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2016) อบถ้วยกระเบื้องที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง 4

– 6 กรัม ใส่ถ้วยกระเบื้องเผาบเตาไฟฟ้าจนหมดควัน นำไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง ที่อุณหภูมิ 500 – 550 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างกลายเป็นสีขาวทั้งหมด ปิดฝาถ้วยกระเบื้องและพักไว้ให้เย็นลงในโหลดูดความชื้น จากนั้นไปชั่งน้ำหนักและคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{(A - B) \times 100}{C} \qquad (3.6)$$

เมื่อ A = น้ำหนักที่แน่นอนและตัวอย่างก่อนอบ
B = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหลังอบ
C = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างก่อนอบ

4) การวิเคราะห์ความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2016) โดยการอบถ้วยกระเบื้องเคลือบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเวลเซียส จนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักให้แน่นอน ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 4 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ นำไปอบในตู้ลมร้อนที่ 100 – 105 องศาเซลเซียส 18 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นและนำไปชั่งน้ำหนัก ทำการนำไปเข้าตู่อบอีกครั้ง 1 ชั่วโมง ทำเช่นเดียวกันกับเมื่อสักครู่ที่ได้แตกต่างกันไม่เกิน 0.005 กรัม หรือ 0.5% ถือว่าน้ำหนักมีความคงที่ นำค่าที่ได้ไปคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(A - B)}{B} \times 100 \qquad (3.7)$$

เมื่อ A = น้ำหนักที่แน่นอนและตัวอย่างก่อนอบ
B = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหลังอบ

5) การคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ AOAC (2016) โดยการหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในตัวอย่าง โดยทั่วไปจะทำการคำนวณจากผลต่างของน้ำหนักแห้งกับปริมาณองค์ประกอบส่วนที่เป็นไขมัน เถ้า และโปรตีน ดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต} = \text{น้ำหนักแห้ง} - (\text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า}) \qquad (3.8)$$

(2) ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) นำตัวอย่างเนื้อวัด pH ด้วยเครื่อง Mettler Toledo 320 (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland) โดยใช้หัว pH electrode แทงตรงๆ เข้าไปในชิ้นเนื้อ จากนั้น ทำการบันทึกข้อมูลที่อ่านได้ และทำเช่นนี้ 2 ซ้ำ โดยเปลี่ยนตำแหน่งในการแทงชิ้นเนื้อ

(3) ค่าการออกซิเดชันของไขมัน ด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) เป็นการศึกษาค่าการออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) โดยการวัดค่า Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) ตามวิธีการของ Buege and Aust (1978) โดยการทำปฏิกิริยากับสาร TBA ในสารละลายกรด (0.0375% (w/v) TBA, 15% (w/v/) TCA และ 0.25 M HCl) และวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

(4) วิเคราะห์หาปริมาณ Total collagen, Soluble collagen และ Insoluble collagen ในเนื้อสด โดยวิธีการวิเคราะห์ดัดแปลงจาก Hill (1966) ละลายเนื้อที่แช่ไว้ที่ -18 องศาเซลเซียส มาแช่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น ชั่งน้ำหนักตัวอย่างใส่หลอดเซนติฟิวก์ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่มีฝาปิด จำนวน 4.00±0.5 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน เติม 25% สารละลายริงเจอร์ (Ringer's solution) 12 มิลลิลิตร ฮอมอจีไนซ์ เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 77 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 70 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้เย็น 30 นาที ปั่นเหวี่ยง ที่ 3,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส จากนั้นแยกส่วนใส (a) และส่วนตะกอน (b) ในส่วนตะกอน (Insoluble collagen) ให้เติม สารละลายริงเจอร์ 25% 8 มิลลิลิตร จากนั้น ปั่นเหวี่ยง ที่ 3,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส (ส่วนใสที่ได้ (b) นำเอาไปรวมกับส่วนใสครั้งแรก (a) ใน หลอดทดลองฝาเกลียว นำส่วนใสเติมกรดไฮโดรคลอริก 12 N ในอัตราส่วน 1 : 1 ในส่วนของตะกอนเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมกรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 1 : 1 จากนั้นนำส่วนใสและส่วนตะกอนไปต้มในอ่างน้ำมันควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (โดยที่เขย่าทุก 1 ชั่วโมง ในสามชั่วโมงแรก) ทิ้งไว้ให้เย็นก่อน จากนั้นส่วนใสให้เติม ผงถ่าน 200 มิลลิกรัม และส่วนตะกอนให้เติมผงถ่าน 900 มิลลิกรัมผสมให้เข้ากันและกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำส่วนใสมาหยดเมทิว เรด 5 – 7 หยด และทำการปรับค่าความเป็นกรด - ด่างให้เป็นกลาง ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5N เสร็จแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ส่วนใสให้ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร และส่วนตะกอนให้ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 500 มิลลิลิตร (สามารถเก็บได้ 24 ชั่วโมง) ปิเปตสารสกัดขึ้นมา 3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายป้องกันการออกซิไดส์ 600 ไมโครลิตร ทิ้งไว้อุณหภูมิห้อง 20 นาที เติมเออลิช รีเอเจนท์ 600 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 558 นาโนเมตร และบันทึกผล

3.3.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS

3.3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

3.3.2.1 การทดลองย่อยที่ 2.1 ศึกษาคุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ (Initial load)

ตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ของวัตถุดิบเนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตามเกณฑ์ด้านจุลชีววิทยาของสินค้าปศุสัตว์เพื่อการส่งออก (กรมปศุสัตว์. 2551)

3.3.2.1.1 วิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์การตรวจจุลินทรีย์ Aerobic Mesophile และ Thermophile (BAM. 2001a)

(1) การตรวจ จุลินทรีย์ทั้งหมดกลุ่มที่เจริญในอุณหภูมิปานกลางทำได้โดย หั่นชิ้นเนื้อเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 25 กรัมใส่ในภาชนะ จากนั้นนำไปเจือจางตามลำดับๆ ละ 10 เท่า ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 โดยเทสารละลายเจือจาง 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสมอาหาร 1 นาที ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายสำหรับเจือจาง 9 มิลลิลิตร จะได้ตัวอย่างเจือจาง 1 : 10 จากนั้นทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนได้ระดับที่ต้องการ ทำการปิเปตตัวอย่างเริ่มต้นที่ระดับความเจือจาง 1 : 10 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อ เทอาหาร PCA ประมาณ 12 – 15 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ ผสมให้เข้ากันจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้วุ้นในจานแข็ง บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส นาน 48±2 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่อยู่ในช่วง 25 – 250 โคโลนีในจานเพาะเชื้อของ 2 ระดับการเจือจางที่ติดกัน

(2) การตรวจ จุลินทรีย์ทั้งหมดกลุ่มที่เจริญในอุณหภูมิสูงทำได้โดย นำสารละลายตัวอย่างที่ระดับการเจือจางต่างๆ ในข้อ (1) มาทำการปิเปต 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อ เทอาหาร PCA ประมาณ 12 – 15 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ ผสมให้เข้ากันจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้วุ้นในจานแข็ง บ่มที่ 55 องศาเซลเซียส นาน 48±2 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่อยู่ในช่วง 25 – 250 โคโลนีในจานเพาะเชื้อของ 2 ระดับการเจือจางที่ติดกัน

3.3.2.1.2 วิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์การตรวจจุลินทรีย์ Anaerobic Mesophile และ Thermophile (BAM. 2001a)

(1) การตรวจ จุลินทรีย์ทั้งหมดกลุ่มที่เจริญในอุณหภูมิปานกลางทำได้โดย นำสารละลายตัวอย่างที่ระดับการเจือจางต่างๆ ในข้อ (3.5.1.1 ข้อ 1) มาทำการปิเปต 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อ เทอาหาร PCA ประมาณ 12 – 15 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ ผสมให้เข้ากันจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้วุ้นในจานแข็ง บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่

ไม่มีอากาศ นาน 48±2 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่อยู่ในช่วง 25 – 250 โคโลนีในจานเพาะเชื้อของ 2 ระดับการเจือจางที่ติดกัน

(2) การตรวจ จุลินทรีย์ทั้งหมดกลุ่มที่เจริญในอุณหภูมิปานกลางทำได้โดย นำสารละลายตัวอย่างที่ระดับการเจือจางต่างๆ ในข้อ (3.5.1.1 ข้อ 1) มาทำการปิเปต 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อ เทอาหาร PCA ประมาณ 12 – 15 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ ผสมให้เข้ากันจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้วุ้นในจานแข็ง บ่มที่ 55 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ นาน 48±2 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่อยู่ในช่วง 25 – 250 โคโลนีในจานเพาะเชื้อของ 2 ระดับการเจือจางที่ติดกัน

3.3.2.1.3 การตรวจหายีสต์และรา โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก BAM (2001b) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ระดับการเจือจางต่างๆ ในข้อ (3.5.1.1 ข้อ 1) มาทำการปิเปต 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA ที่เติมกรดทาทาร์ลิกความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร โดยวิธี Pour plate นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนับจำนวนยีสต์และรา รายงานผลจำนวนยีสต์และรา เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนีหน่วยเป็น log cfu/g

3.3.2.1.4 การตรวจเชื้อ coliform และ *E. coli* โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก BAM (2002) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ระดับการเจือจางต่างๆ ในข้อ (3.5.1.1 ข้อ 1) มาทำการปิเปต 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดอาหารเหลว LMX ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาให้นำอาหาร LMX ไปส่องแสง UV ซึ่ง ถ้าพบหลอดทดลองที่เรืองแสงให้ทำการถ่ายเชื้อลงบนอาหารแข็ง EMB โดยวิธี Spread plate และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ส่วนหลอดทดลองที่เรืองแสงให้นำมาหยดด้วย Kovac reagent อีกทีหนึ่งเพื่อตรวจสอบเชื้อ *E. coli* เมื่อครบกำหนดเวลาให้เลือกโคโลนีที่มีลักษณะเป็น Metallic sheen มาเขี่ยลงบนอาหาร PCA และบ่มต่อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงจากนั้นนำมาทดสอบขั้นยืนยันผลทางปฏิกิริยาโดยวิธี IMVic

3.3.2.1.5 การตรวจหาเชื้อ *S. aureus* ตามวิธีการของ BAM (2001c) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ระดับการเจือจางต่างๆ ในข้อ (3.5.1.1 ข้อ 1) มาทำการปิเปต 1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Baird Parker agar ที่เติมโพแทสเซียม เทลลูไลท์ 1 เปอร์เซ็นต์ และไข่แดง ปริมาตรจานละ 15 - 20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาทำการกระจายเชื้อลงบนอาหารที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนเชื้อ *S. aureus* รายงานผลจำนวนเชื้อ *S. aureus* เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนีหน่วยเป็น log cfu/g การทดสอบการสร้างเอนไซม์ของ *S. aureus* โดย ทำการเขี่ยเชื้อที่น่าสงสัยลงบนสไลด์จากนั้นหยด

rabbit plasma ลงบนสไลด์และทำการ smear สังเกตการตกตะกอน ถ้าเกิดการตกตะกอนจะให้ผลเป็นบวก

3.3.2.1.6 การตรวจหาเชื้อ *Salmonella* spp. ตามวิธีการของ ISO-6579. (2002) ตัวอย่างเนื้อโคคัดทิ้งหรือผลิตภัณฑ์เนื้อโคตุ๋นยาจีนบรรจุรีทอร์ทเพาช์ โดยสุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในภาชนะ จากนั้นนำไปใส่อาหาร Buffer peptone 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสมอาหาร 1 นาที ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้น ถ่ายเชื้อลงอาหารเหลว MkTTn และ RV ปริมาตร 0.1 ml ของแต่ละอาหารเหลว จากนั้นทำการบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาทำการถ่ายเชื้อด้วยวิธีการเขี่ยให้เป็นโคโลนีเดี่ยวลงบนอาหาร HE agar ที่เติมยาปฏิชีวนะโนโวไบโอซิน จากนั้นทำการบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตโคโลนีที่สงสัยที่ปรากฏลักษณะสีน้ำเงินเขียว และตรงกลางมีสีดำกลมนูน ผิวเรียบมัน ให้เขี่ยเชื้อลงในอาหารแข็งแบบเอียง LIA และ TSI และทำการบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นรายงานผลซึ่งจะต้องไม่พบ *Salmonella* spp. ในตัวอย่างอาหารเนื้อสด 25 กรัม

3.3.2.2 การทดลองย่อยที่ 2.2 ปรับปรุงสูตรเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีน

โดยทำการศึกษาการเตรียมวัตถุดิบเบื้องต้นก่อนกระบวนการฆ่าเชื้อ โดยการปรับสูตรส่วนผสมให้เหมาะสมกับเนื้อโค จัดกลุ่มการทดลองแบบ 3×3×3 factorial in RCBD เพื่อทำการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ร้อยละของซอสถั่วเหลือง 3 ระดับ ได้แก่ 5.5 6.5 และ 7.5 น้ำหนักต่อปริมาตร 2) ร้อยละของน้ำตาล 3 ระดับ ได้แก่ 6.5 7.5 และ 8.5 น้ำหนักต่อปริมาตร 3) ระยะเวลาในการตุ๋น 3 ระดับ ได้แก่ 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง พัฒนาสูตรส่วนผสม 27 สูตร จำนวน 3 ซ้ำ โดยวิธีการผลิตเนื้อตุ๋นมีดังนี้

ขั้นตอนการผลิตเนื้อโคตุ๋นยาจีน ต้มน้ำให้เดือดจากนั้นลดไฟลงให้เหลือไฟกลาง ใส่เครื่องตุ๋นยาจีน (เก๋ากี้ หญ้าหอมมังกร อบเชย จันทร์แปดกลีบ เมล็ดผักชี พริกไทยดำและกระวาน) จากนั้นเติมส่วนผสมที่ให้รสชาติ (ผงชูรส น้ำตาลทรายแดง ซอสถั่วเหลือง) ตามด้วยใส่เนื้อโค เพิ่มไฟแรง คอยช้อนฟองที่เกิดขึ้นออก และลดไฟอ่อนต้มไว้เป็นระยะเวลา 30 นาที

3.3.2.2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

(1) วิเคราะห์ (CIE; L*, a*, b*, Chroma และ Hue angle) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (2)

(2) วิเคราะห์ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index; BI) เป็นค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล โดยการนำค่าที่ได้จากการวัดสีคือ L*, a* และ b* มาคำนวณโดยใช้สมการ (Saricoban *et al.* 2010) ที่ 3.6 ดังนี้

$$BI = \frac{\left[100 \times (x - 0.31)\right]}{0.172} \qquad (3.9)$$

โดย X หาได้จากสมการที่ 3.10

$$\text{เมื่อ } X = \frac{a^* + (1.75 \times L^*)}{\left[(5.645 \times L^*) + a^*(-3.012 \times b^*)\right]} \quad (3.10)$$

(3) วิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear force) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (3)

(4) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (TPA) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (4)

3.3.2.2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยศึกษาความชอบโดยรวมของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธีกาให้คะแนนความชอบ 9-Point hedonic scale โดยใช้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ตั้งแต่ 1 – 9 ดังต่อไปนี้

1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

2 หมายถึง ไม่ชอบมาก

3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง

4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย

5 หมายถึง เฉยๆ

6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย

7 หมายถึง ชอบปานกลาง

8 หมายถึง ชอบมาก

9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

จำนวนผู้ทำการทดสอบทั้งหมด 30 คน อาชีพอาจารย์ บุคลากรและนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ชอบรับประทานเนื้อตุ๋นยาจีน

3.3.2.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบลักษณะของทั้ง 3 ปัจจัย โดยจัดกลุ่มทดลองแบบ 3×3×3 Factorial in RCBD นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS

3.3.3 การทดลองที่ 3 การออกแบบกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

3.3.3.1 การทดลองย่อยที่ 3.1 การบรรจุและปิดผนึกบรรจุภัณฑ์

การบรรจุและปิดผนึกบรรจุภัณฑ์เพื่อหาน้ำหนักบรรจุ และระยะปิดผนึกที่เหมาะสม โดยให้เป็นไปตามเกณฑ์ของสำนักงานตรวจสอบอาหารแห่งประเทศแคนนาดา (Canadian Food Inspection Agency) (2002)

3.3.3.2 การทดลองย่อยที่ 3.2 การศึกษาผลของระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของการผลิตเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ดังนี้

3.3.3.2.1 ผลของระยะเวลาการฆ่าเชื้อในกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าในการผลิตเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ทำการศึกษาที่ค่า F_0 เท่ากับ 8 10 และ 12 นาที โดยนำผลิตภัณฑ์เข้าเครื่องฆ่าเชื้อแบบสเปรย์โดยเครื่องฆ่าเชื้อมีระบบการคำนวณค่า F value โดยอัตโนมัติ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ออกมาจากเครื่องฆ่าเชื้อแบบสเปรย์แล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

(1) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วิเคราะห์ค่าสี (CIE; L*, a*, b*, Chroma และ Hue angle) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (2)
- วิเคราะห์ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.2.1 ข้อ (2)
- วิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear force) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (3)
- วิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (TPA) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (4)

(3) วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่

- วิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตามสภาวะการเจริญ 4 แบบ (BAM. 2001a) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.1.1 และ 3.3.2.1.2
- วิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และรา ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.1.3
- วิเคราะห์หาปริมาณ Coliform และ *E. coli* ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.1.4
- วิเคราะห์หาปริมาณ Flat sour bacteria (thermophilic และ mesophilic) ดัดแปลงจาก BAM (2001) ทำการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์โดยการ เก็บผลิตภัณฑ์ทิ้งไว้ 14 วัน ดูการเปลี่ยนแปลง ถ้าไม่พบการบวมของถุงบรรจุภัณฑ์ ทำการเขย่าถุงเบาๆ ฆ่าเชื้อที่บริเวณที่ฉีกซองของบรรจุภัณฑ์ก่อนเปิดด้วย 4% iodine in 70% ethanol ราดบนถุง ทิ้งไว้ 15 นาที และเช็ดออก จากนั้นตัดด้วยกรรไกรฆ่าเชื้อเพื่อเปิดถุงบรรจุภัณฑ์และสุ่มตัวอย่าง 25±2 กรัมใส่ในภาชนะที่มีสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปตีเข้ากันด้วยเครื่องตีป่น เป็นระยะเวลา 60 วินาที ทำให้ได้สารที่มีความเข้มข้น 1 : 10 และทำการเจือจางตัวอย่างให้เหมาะสม เมื่อเจือจางเสร็จแล้วนำปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Dextrose tryptone agar และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส จำนวน 72 ชั่วโมง และบ่มที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส จำนวน 48 ชั่วโมง

- วิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *S. aureus* ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.1.5

- วิเคราะห์หาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.1.6

- วิเคราะห์หาการปนเปื้อนเชื้อ *C. perfringens* อ้างอิงจาก (BAM. 2001d) ในผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ ทำได้โดยนำตัวอย่างมาตัดให้เป็นชิ้นขนาด 25±2 กรัม ใส่ในภาชนะที่มีสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปตีเข้ากันด้วยเครื่องตีป่น เป็นระยะเวลา 60 วินาที ทำให้ได้สารที่มีความเข้มข้น 1 : 10 และทำการเจือจางตัวอย่างให้เหมาะสม เมื่อเจือจางเสร็จแล้วนำปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Tryptose Sulfite Cycloserine Agar (TSC Agar) นำไปบ่มแบบไม่มีอากาศ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 20 – 24 ชั่วโมง เมื่อบ่มเสร็จเลือกจานเพาะเชื้อทีมีโคโลนีสีดำ มีโซนขุ่นขาวขนาด 2 – 4 มิลลิเมตร อยู่ระหว่าง 20 – 200 โคโลนี จากนั้นนำโคโลนีดังกล่าวมีถ่ายเชื้อลงอาหารเหลว Thioglycollate และบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 18 – 24 ชั่วโมง นำมาทดสอบเชื้อดังนี้

1) นำมาย้อมแกรม (*C. perfringens* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก เป็นท่อน สั้น หนา)

2) ปิเปตเชื้อจากอาหารเหลว Thioglycollate 1 มิลลิลิตร ลงในอาหาร Iron milk บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เกิดการหมักแบบ Stormy และจะหมดไปภายใน 5 ชั่วโมง

- วิเคราะห์หาการปนเปื้อนเชื้อ *C. botulinum* ปฏิบัติตาม BAM. (2001e) เขย่าตัวอย่างในแต่ละภาชนะบรรจุให้เข้ากันจากนั้นทำการปิเปตตัวอย่างจากแต่ละภาชนะปริมาตรเท่าๆ กันใส่ในภาชนะปราศจากเชื้อและเขย่า นำตัวอย่างที่ได้ใส่ลงในโกร่งโดยให้มีน้ำน้อยที่สุดเติม gel – phosphate buffer ในปริมาตรที่เท่ากันและบดผสมให้เป็นเนื้อเดียวแล้วตีถุงด้วยมือ จากนั้นนำใส่ใน Cooked meat medium (CMM) ปริมาตร 15 มิลลิตร 2 หลอด และ Trypticase-peptone-glucose-yeast extract broth (TPGY) 2 หลอด ปล่อยตัวอยางช้างๆ ใต้ผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อให้อาหารอยู่ภายในก้นหลอด บ่ม CMM ที่ 35 องศาเซลเซียส 5 วัน และ TPGY 28 องศาเซลเซียส 5 วัน เมื่อครบกำหนดนำมาตรวจสอบความขุ่น ก๊าซ กลิ่น การย่อยของเนื้ออาหารเลี้ยงเชื้อ และย้อมสีแกรม (โดยถ้าเป็น C. *botulinum* จะติดสีแกรมบวก) ถ้าไม่พบให้บ่มเชื้อเพิ่มอีก 10 วัน จากนั้นทำการแยกเชื้อ โดยวิธีการ Pre-treatment of specimens for streaking ทำการปิเปต absolute ethanol 2 มิลลิลิตรจาก enrichment culture ใส่ในหลอดฝาเกลียว และหาต่อโดยทำวิธี Plating of treated cultures โดยนำเชื้อมาขีดบน liver-veal-egg yolk agar หรือ anaerobic egg yolk agar จากนั้นบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง ในสภาวะไร้ออกซิเจน ดูลักษณะโคโลนีสีเหลืองอ่อนเหลือบเหมือนไข่มุก (pearly layer) นูนหรือแบน ผิวเรียบหยาบ และทำการตรวจยืนยันที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

(4) ทดสอบความปราศจากเชื้อ (Sterility test)

การทดสอบความปราศจากเชื้อตามวิธีการของ Tribuzi *et al*. (2015) โดยนำผลิตภัณฑ์มาบ่มที่อุณหภูมิ 35±1°C เป็นเวลา 15 วัน และที่อุณหภูมิ 55±1°C เป็นเวลา 5 วัน สังเกตการบวมของบรรจุภัณฑ์ จากนั้นเปิดผนึกบรรจุภัณฑ์เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์และตรวจสอบกลิ่นผิดปกติ และทำการทดสอบสปอร์ที่ยังเหลือรอดโดยดัดแปลงวิธีของ Watterson *et al.* (2014) โดยนำผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 80 °C นาน 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างมาเพาะหาจุลินทรีย์ในอาหาร PCA agar ด้วยวิธี Pour plate จากนั้นนับจำนวนเชื้อที่เจริญบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ และรายงานผลจำนวนเชื้อเฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนีหน่วยเป็น log cfu/g

(5) วิเคราะห์ข้อมูลทางประสาทสัมผัส ปฏิบัติตามข้อ 3.3.2.2.2

3.3.3.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบลักษณะของกลุ่มทดลองโดยจัดการทดลองแบบ RCBD นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS จากนั้นพิจารณาความชอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เพื่อเลือกระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่สุดไปใช้ในการทดลองถัดไป

3.3.4 การทดลองที่ 4 เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

วางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยมีปัจจัยคือเนื้อโคขุนคัดทิ้ง เนื้อโคขุนที่มีระดับไขมันแทรก 2 และเนื้อโคขุนที่มีระดับไขมันแทรก 3 จากโคขุนลูกผสมชาโรเล่ย์ตามระบบการเลี้ยงของสุรสิงห์ฟาร์ม ทำการวิเคราะห์ 3 รุ่นการผลิต โดยศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

3.3.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

(1) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรท ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.2 ข้อ (1)

(2) วิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.2 ข้อ (2)

(3) วิเคราะห์หาค่าการออกซิเดชันของไขมัน ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.2 ข้อ (3)

(4) วิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ละลายในน้ำ ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.2 ข้อ (4)

3.3.4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

(1) วิเคราะห์ค่าสี (CIE; L*, a*, b*, Chroma และ Hue angle) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (2)

(2) วิเคราะห์ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.2.1 ข้อ (2)

(3) วิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (3)

(4) วิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (4)

3.3.4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ปฏิบัติตามข้อ 3.3.2.2.2

3.3.4.4 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบลักษณะของกลุ่มทดลองโดยจัดการทดลองแบบ RCBD นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS

3.3.5 การทดลองที่ 5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง)

การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ในสภาวะปกติ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 56 สัปดาห์ ทำการสุ่มตัวอย่างทุก 4 สัปดาห์ จำนวน 3 รุ่นการผลิต เพื่อทำการวิเคราะห์ดังนี้

3.3.5.1 ทดสอบความปราศจากเชื้อ (Sterility test) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.3.2.1 ข้อ (4)

3.3.5.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

(1) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.2 ข้อ (2)

(2) วิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของไขมัน ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.2 ข้อ (3)

(3) วิเคราะห์การวัดค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด ด้วยเทคนิค TCA-soluble peptide (Morrissey *et al.* 1993) โดยสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อแพะขึ้นรูปพร้อมปรุงจำนวน 2 กรัม ใส่ในหลอดเซนติฟิวก์ขนาด 50 มิลลิลิตร ใส่สารละลายกรด 5% TCA ปริมาตร 18 มิลลิลิตรนำไปปั่นด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Untra tarrax model T25 digital, Germany) ที่ความเร็วรอบ 9,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ในสภาพที่ตัวอย่างเย็น แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็วรอบ 8,000 g เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บสารละลายส่วนใสเพื่อวิเคราะห์โปรตีนตามวิธีการ Lowry *et al.* (1951) โดยการปิเปตสารละลายส่วนใส 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Reagent C (ภาคผนวก) 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าด้วยด้วยเครื่องผสม และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที เติม สารละลายโฟลิน (ภาคผนวก) 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้าด้วยด้วยเครื่องผสมและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นนำส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ทำ 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณความเข้มข้นของไทโรซีน โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารไทโรซีน 1 M และรายงานค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (TCA-soluble peptide) ในหน่วย μmol tyrosine/g sample

3.3.5.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

(1) วิเคราะห์ค่าสี (CIE; L*, a*, b*, Chroma และ Hue angle) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (2)

(2) วิเคราะห์ค่าค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.2.1 ข้อ (2)

(3) วิเคราะห์ค่าค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear force) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (3)

(4) วิเคราะห์ค่าค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (TPA) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.1.1 ข้อ (4)

3.3.5.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355, 2556) และเกณฑ์ด้านจุลชีววิทยาของสินค้าปศุสัตว์เพื่อการส่งออก (ประกาศกรมปศุสัตว์, 2551)

(1) วิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตามสภาวะการเจริญ 4 แบบ (BAM. 2001a) ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.1.1 และ 3.3.2.1.2

(2) วิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และรา ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.1.3

(3) วิเคราะห์หาปริมาณ Coliform และ *E. coli* ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.1.4

(4) วิเคราะห์หาปริมาณ Flat sour bacteria ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.3.2.1 ข้อที่ (3)

(5) วิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *S. aureus* ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.1.5

(6) วิเคราะห์หาการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.2.1.6

(7) วิเคราะห์หาการปนเปื้อนเชื้อ C. *perfringens* ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.3.2.1 ข้อ (3)

(8) วิเคราะห์หาการปนเปื้อนเชื้อ C. *botulinum* ปฏิบัติตามข้อที่ 3.3.3.2.1 ข้อ (3)

3.3.5.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (Difference from control test) โดยดัดแปลงวิธีการจาก Simpson (2006) วิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสโดยศึกษาความแตกต่างของ ลักษณะปรากฏ สีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นเครื่องเทศ และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ด้วยวิธีการให้คะแนนความแตกต่าง 5 ระดับ ตั้งแต่ 0 – 5 ดังต่อไปนี้

0 หมายถึง ไม่มีความแตกต่าง

1 หมายถึง แตกต่างเล็กน้อย

2 หมายถึง ค่อนข้างแตกต่าง

3 หมายถึง แตกต่าง

4 หมายถึง แตกต่างมาก

5 หมายถึง แตกต่างมากที่สุด

จำนวนผู้ทำการทดสอบทั้งหมด 30 คน อาชีพอาจารย์ บุคลากรและนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ชอบรับประทานเนื้อตุ๋นยาจีน

3.3.5.6 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบลักษณะของกลุ่มทดลองโดยจัดการทดลองแบบ RCBD นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan’s multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS

3.3.6 การทดลองที่ 6 การวิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ (Nutritional quality)

นำผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ทำการผลิตด้วยกระบวนการฆ่าเชื้อผ่านการคัดเลือกจากข้างต้นมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญ โดยนำตัวอย่างจำนวน 10 ถุง ถุงละ 390 กรัม ไปส่งตรวจที่ บริษัท ปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งอยู่ที่ 50 ถนน พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ พลังงาน ปริมาณสารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณมาก ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุ สารอาหารที่ต้องระวัง ปริมาณการบริโภค และชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน (Fatty acid profile) และ นำผลิตภัณฑ์เนื้อโคคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ จำนวน 5 ถุง ถุงละ 390 กรัม ไปส่งตรวจที่ สถาบันอาหาร ตั้งอยู่ที่ 2008 ซอยอรุณอมรินทร์ 36 แขวงบางยี่ขัน เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700 เพื่อทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน (Fatty acid profile)

1) **พลังงาน** โดยวิเคราะห์ปริมาณพลังงานทั้งหมดและปริมาณพลังงานที่ได้จากไขมัน
2) **ปริมาณสารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณมาก** เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมันทั้งหมด โปรตีน และใยอาหาร เป็นต้น
3) **ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุ** เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม และเหล็ก เป็นต้น
4) **สารอาหารที่ต้องระวังปริมาณการบริโภค** เช่น คอเลสเตอรอล โซเดียม ไขมันอิ่มตัวและน้ำตาล เป็นต้น
5) **การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน**
6) **การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน**
7) **จัดทำฉลากโภชนาการแบบไทย และสากล**

บทที่ 4
วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณภาพทางเคมี – กายภาพของเนื้อโคขุน

4.1.1 คุณภาพทางเคมีของเนื้อสะโพกโคขุน

จากการนำเนื้อโคขุนทั้งสามเกรดมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีดังตารางที่ 4.1 พบว่าค่าองค์ประกอบทางเคมีภายในเนื้อสัตว์ ได้แก่ ค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต ของเนื้อโคขุนคัดทิ้ง และเนื้อโคที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโคขุนทั้งสามเกรดมีค่า ความชื้นประมาณร้อยละ 71 โปรตีนประมาณร้อยละ 21 ไขมันประมาณร้อยละ 5 เถ้าประมาณร้อยละ 1 และคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 1 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐ (2019) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสะโพกโคจะประกอบไปด้วย ความชื้นร้อยละ 71 โปรตีนร้อยละ 21 ไขมันร้อยละ 6 เถ้าร้อยละ 1 แต่ไม่พบปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ค่าความเป็นกรด - ด่าง ของเนื้อโคขุนคัดทิ้ง เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าเนื้อโคทั้งสามเกรดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.41–5.43 ซึ่ง เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ (2536) กล่าวไว้ว่า การลดอุณหภูมิซากภายหลังการฆ่าที่ดีจะทำให้อัตราการเกิดไกลโคไลซิสในกล้ามเนื้อเป็นไปตามปกติ สภาพความเป็นกรดด่างของเนื้อจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ และลดลงถึง 5.4 – 5.8 ในขั้นสุดท้าย ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับ Rowe *et al.* (2004) พบว่าค่าความเป็นกรด–ด่างในขั้นสุดท้าย (24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย) ของเนื้อส่วนสันกลางติดกระดูกอยู่ที่ 5.44 นอกจากนี้ ค่าความเป็นกรด - ด่าง ยังสามารถบอกคุณภาพของเนื้อได้ โดยถ้าค่าความเป็นกรด - ด่าง ขั้นสุดท้ายมีค่าน้อยกว่า 5.4 จะทำให้เนื้อมีสีซีด เนื้อนิ่ม และมีน้ำเยิ้ม หรือถ้าค่าความเป็นกรด – ด่าง ขั้นสุดท้ายมีค่าสูงกว่า 6.2 จะทำให้เนื้อมีสีเข้ม เนื้อแน่นหรือเหนียวผิดปกติ และมีผิวหน้าแห้ง สัญชัย จตุรสิทธา (2551) ซึ่งเป็นคุณภาพที่ไม่ต้องการให้เกิดในเนื้อสัตว์

ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด ของเนื้อโคขุนคัดทิ้ง โดยพบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งมีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด มีแนวโน้มต่ำกว่าเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ($P<0.07$) ซึ่งปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด 3.5 มิลลิกรัมต่อกรัม อาจเนื่องมาจาก เนื้อโคขุนจะมีการคัดทิ้งจากการประเมินอัตราการเจริญเติบโต และพบอาการบาดเจ็บทำให้อายุในการเข้าฆ่าจะต่างจากเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 เล็กน้อย โดยเมื่อสัตว์มีอายุที่มากขึ้นจะทำให้เกิดการเชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุลของคอลลาเจนเพิ่มขึ้นเป็นการเชื่อมข้ามระหว่าง 3 โมเลกุล ส่งผลให้เกิดพันธะที่คงตัวและไม่สามารถผันกลับได้ (Weston *et al.* 2002) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณร้อยละของคอลลา

เจนที่ละลายในน้ำ (P>0.05) ซึ่งพบว่าปริมาณคอลลาเจนที่พบในการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับ Dransfield Eric (1977) ที่พบว่าปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดของเนื้อส่วนสะโพกมีค่าปริมาณคอลลาเจนประมาณ 4 mg/g และปริมาณคอลลาเจนที่ละลายในน้ำประมาณร้อยละ 13.7 ของปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด

ค่าการออกซิเดชันของไขมันของเนื้อโคขุนทั้งสามเกรด พบว่า เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกเกรด 3 มีค่าการออกซิเดชันของไขมันมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคขุนคัดทิ้ง และเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกเกรด 2 (P<0.05) อาจเนื่องมาจากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกเกรด 3 มีระยะเวลาในการบ่มเนื้อนานกว่าซากโคที่มีระดับไขมันแทรกเกรด 2 และ เนื้อโคขุนคัดทิ้งที่ไม่มีการบ่มซาก ซึ่งทำให้ผิวหน้าที่สัมผัสกับออกซิเจนนานกว่า โดยออกซิเจนจะเข้าร่วมในปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2551)

4.1.2 คุณภาพทางกายภาพของเนื้อสะโพกโคขุน

น้ำหนักสูญเสียจากการแช่แข็งของเนื้อโคขุนทั้งสามเกรด พบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งมีร้อยละของน้ำหนักสูญเสียจากการแช่แข็งมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สาเหตุอาจเนื่องมาจาก เนื้อที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 2 และ 3 ได้รับการบ่มเนื้อ ซึ่งในระหว่างกระบวนการบ่มเนื้อจะเกิดกระบวนการย่อยสลายโปรตีนกล้ามเนื้อทำให้เกิดการแตกหักของโครงสร้างกล้ามเนื้อส่งผลให้ช่องทางการสูญเสียน้ำถูกรบกวนและเกิดภาวะ Sponge effect ซึ่งจะเกิดการดูดน้ำและลดการสูญเสียน้ำเนื่องจากแรงโน้มถ่วง ภาวะ Sponge effect ทำให้เกิดความหนืดของหยดน้ำภายในกล้ามเนื้ออันเป็นผลมาจากของแข็งและโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ทำให้เกิดเจลบางส่วนของโปรตีนเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีนที่อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศาเซลเซียส (Kim and Kim. 2017; Farouk *et al*. 2012) นอกจากนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนของเหลวในกล้ามเนื้อเป็นผลึก โดยการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก เมื่อนำมาหลอมละลายจะทำให้เกิดการสูญเสียของเหลวต่ำ ส่วนการแช่เยือกแข็งอย่างช้าจะทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ เมื่อนำมาละลายจะสูญเสียของเหลวออกมาสูง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2563b) สอดคล้องกับ Jema *et al.* (2008) พบว่า ร้อยละของค่าน้ำหนักสูญเสียจากการแช่แข็งของเนื้อโคพันธุ์ Nguni Bonsmara และ Angus ที่มีระยะเวลาการบ่ม 21 วัน มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคพันธุ์เดียวกันที่มีระยะเวลาการบ่ม 2 วัน

ทางด้านร้อยละของน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุกของเนื้อโคขุนทั้งสามเกรด พบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งมีร้อยละของน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุกมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้อาจ

เนื่องมาจาก เนื้อโคที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ได้รับการบ่มเนื้อ โดยระหว่างการบ่มเนื้อจะเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์จากเอนไซม์ภายนอก เช่น คอลลาจีเนส ซึ่งผลิตโดยแบคทีเรียภายในเนื้อโค หรืออาจเกิดจากการละลายไอออนิก โดยเอนไซม์ดังกล่าวจะสลายไมโอไฟบริลล่าโปรตีน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีน (Jema *et al*. 2008)

เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านร้อยละการหดตัวของเนื้อหลังการปรุงสุก พบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งมีร้อยละของการหดตัวหลังการปรุงสุกสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ตามลำดับ ($P<0.01$) อาจเนื่องมาจาก เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 2 และ 3 มีการบ่มซากทำให้เกิดการหดตัวเบื้องต้นมาก่อนเนื่องจากสูญเสียความชื้น (Dashdorj *et al*. 2016) และเมื่อนำมาปรุงสุกทำให้มีการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลงน้อยกว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งที่ไม่ได้รับการบ่มซาก เมื่อให้ความร้อนแก่เนื้อสัตว์โปรตีนจะสูญเสียสภาพและขดตัวกัน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เส้นใยโปรตีนหดตั ทำให้เกิดโครงสร้างของเส้นใยโปรตีนที่แน่นยิ่งขึ้น ระยะของซาร์โคเมียร์สั้นลง และเมื่อให้ความร้อนสูงขึ้นจะทำให้คอลลาเจนหดตัวทำให้เนื้อเกิดการหดตัวมากยิ่งขึ้น (สัญชัย จตุรสิทธา. 2543) นอกจากนี้ปริมาณการหดตัวหลักการปรุงสุกยังเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุกด้วย (Straadt *et al*. 2007)

ทางด้านค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ค่าองศาของสี และค่าความสดใสของสี ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างเนื้อโคขุนคัดทิ้ง เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกระดับ 2 และ 3 ($P>0.05$) สอดคล้องกับ King *et al.* (2012) พบว่าระยะเวลาการบ่มซากไม่ส่งผลต่อค่าความสว่าง แต่ค่าความสว่างจะลดลงในระหว่างการจำหน่าย ทั้งนี้พบว่าค่าความสว่างของเนื้อโคขุนคัดทิ้งมีความสว่างเท่ากับ 32.51 ซึ่งมีมากกว่าเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกระดับ 2 และ 3 ที่มีค่าความสว่างอยู่ที่ 28.59 และ 29.11 ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของไขมันแทรก โดย สัญชัย จตุรสิทธา (2543) กล่าวว่า ปริมาณไขมันแทรกที่แตกต่างกันจะมีผลต่อการสะท้อนแสงซึ่งจะส่งผลต่อเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินค่าสี โดยถ้าพิจารณาจากค่าองค์ประกอบทางเคมีภายในเนื้อทั้งสามเกรด จะพบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งมีปริมาณไขมันอยู่ที่ 5.58 และ เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 มีปริมาณไขมันอยู่ที่ 4.41 และ 4.81 ตามลำดับ

ทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม ได้แก่ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะรวมตัว ค่าความเหนียวคล้ายยาง ค่าความยืดหยุ่น และค่าความเคี้ยวได้ ของเนื้อโคขุนคัดทิ้ง เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าความแข็ง ค่าความเหนียวคล้ายยาง และค่าความเคี้ยวได้ ซึ่งจะบ่งบอกถึงค่าความเหนียวของชิ้นเนื้อจะพบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งมีดังกล่าวมากกว่า เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าแรงเฉือนจะเห็นได้ว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งจะมีความนุ่มมากกว่า เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3

เมื่อพิจารณาค่าแรงเฉือน พบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งมีค่าแรงเฉือนมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 2 และ 3 ($P<0.001$) อาจเนื่องมาจาก เนื้อโคขุนคัด

ทิ้งไม่ได้ระดับบ่มซากเมื่อแช่เย็นซากเสร็จก็ทำการแช่แข็งเนื้อโคส่งผลให้เกิดการสูญเสียสารยับยั้งโปรตีเอสที่ขึ้นอยู่กับปริมาณแคลเซียม ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์คาลเพนจะหยุดลงเมื่อเนื้อสัตว์ถูกแช่แข็ง แต่เอนไซม์ดังกล่าวจะไม่ถูกทำลายและกิจกรรมจะกลับมาทำงานต่อหลังจากเกิดการละลายเนื้อสัตว์ (Lagerstedt *et al.* 2008) แต่เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ทำการบ่มซากเป็นระยะเวลา 7 - 14 วัน ภายหลังจากการฆ่า เนื่องจากระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่ยาวนานจะเกิดการทำงานของเอมไซม์ที่ย่อยโปรตีนในเนื้อ โดยแอคโตไมโอซินจะถูกตัดขาดบริเวณ z – line ทำให้ความคงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อลดลงส่งผลให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น (ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529) ซึ่งสอดคล้องกับ Kim and Lee (2003) ศึกษาอิทธิพลไขมันแทรกของเนื้อโคต่อคุณภาพด้านเคมีและกายภาพ พบว่า ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อของโคขุนเกรด 1 (เนื้อโคคุณภาพสูงที่สุด) 2 และ 3 ภายหลังการฆ่ามีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้ออยู่ที่ 64.88 63.60 และ 67.13 N ตามลำดับ หลังจากนั้นได้ทำการบ่มชิ้นเนื้อเป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่า ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อของเนื้อโคขุนที่มีไขมันแทรกเกรด 1 2 และ 3 ลดลงเหลือ 29.79 30.97 และ 32.83 N แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าระดับไขมันแทรกจะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ โดยระดับไขมันแทรกที่มีร้อยละต่ำกว่า 2 – 18 มีผลต่อค่าทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มน้อยมาก (Seideman *et al.* 1987; Armbuster *et al.* 1983)

จากการทดลองพบว่าเนื้อโคขุนคัดทิ้งมีความเหมาะสมในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อโคคัดทิ้งตุ๋นยาจีน เนื่องจากมีค่าแรงเฉือนและมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายในน้ำที่มากกว่าเนื้อโคขุนที่นำมาเปรียบเทียบ เมื่อนำมาปรุงสุกด้วยการให้ความร้อนชื้น อาจทำให้เนื้อโคชิ้นส่วนดังกล่าวมีความนุ่มมากยิ่งขึ้น อีกทั้งจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยต้องการเพิ่มมูลค่าเนื้อโคขุนคัดทิ้ง ผู้วิจัยจึงเลือกเนื้อโคขุนคัดทิ้งเป็นตัวแทนในการดำเนินงานวิจัยในการทดลองถัดไป

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางเคมี-กายภาพเนื้อสะโพก เปรียบเทียบระหว่างเนื้อโคขุนคัดทิ้ง เนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ เนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 3

ลักษณะที่ศึกษา	เนื้อโคขุนคัดทิ้ง	เนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2	เนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 3	P–value
<u>คุณภาพทางเคมี</u>				
องค์ประกอบทางเคมีภายในเนื้อ (% wb)				
- ความชื้น	70.49±0.21	71.24±0.38	70.90±0.68	0.062
- โปรตีน	21.26±0.80	21.24 ± 0.81	21.88± 0.66	0.077
- ไขมัน	5.58±0.57	4.41±1.01	4.81±0.86	0.102
- เถ้า	1.08±0.16	1.17±0.13	1.16±0.18	0.092
- คาร์โบไฮเดรต	1.57±0.26	1.54±0.25	1.65±0.15	0.075
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5.41±0.23	5.43±0.24	5.42±0.29	0.739
ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด (mg/g meat)	3.21±0.64	3.49±0.53	3.84±0.75	0.069
ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำ (%)	16.67±3.40	15.51±2.17	14.79±2.52	0.154
ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg sample)	2.72±0.52[b]	2.10±0.37[b]	4.17±0.67[a]	0.022
<u>คุณภาพทางกายภาพ</u>				
น้ำหนักสูญเสียจากการแช่แข็ง (%)	8.07±0.89[1,2,a]	5.97±1.30[b]	5.73±1.29[b]	0.022
น้ำหนักสูญเสียจากการทำให้สุก (%)	34.43±1.81[a]	28.48±0.67[b]	25.89±3.59[b]	0.011
การหดตัวของเนื้อหลังการปรุงสุก (%)	46.37±2.03[a]	34.11±2.01[b]	30.07±0.99[c]	0.007
ค่าสี				
- ความสว่าง	32.51±2.38[1,2]	28.59±2.52	29.11±1.57	0.138
- ค่าสีแดง	11.43±1.22	13.54±1.92	12.29±1.38	0.145
- ค่าสีเหลือง	11.74±1.42	12.52±2.26	11.79±1.59	0.590
- ค่าองศาของสี	45.74±1.31	42.78±1.37	43.85±2.25	0.221
- ค่าความสดใสของสี	16.39±1.84	18.45±.0.45	17.04±1.54	0.264
ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม				
- ค่าความแข็ง (N)	20.12±2.36	17.19±2.11	16.94±2.32	0.086
- ค่าการเกาะรวมตัว (ratio)	0.69±0.05	0.71±0.03	0.72±0.06	0.645
- ค่าความเหนียวคล้ายยาง (N)	14.03±2.41	12.21±1.36	12.19±2.15	0.290
- ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0.80±0.06	0.82±0.03	0.81±0.07	0.903
- ค่าความเคี้ยวได้ (N)	11.24±2.10	9.99±1.25	9.91±2.47	0.522
ค่าแรงเฉือน (N)	64.88±1.17[a]	44.98±0.49[b]	39.89±0.50[b]	0.001

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

4.2.1 ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ (Initial load)

จากศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของเนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้ง พบว่า เป็นไปตามมาตรฐาน เนื้อโค มกอช. 6001-2547 กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $5x10^5$ โคโลนี/กรัม *S. aureus* ไม่เกิน $1x10^2$ โคโลนี/กรัม *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม Coliforms ต้องไม่เกิน $5x10^3$ MPN/กรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของเครื่องยาจีน พบว่า เป็นไปตามมาตรฐานผงพะโล้ มผช. 678/2547 กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1x10^5$ โคโลนี/กรัม ยีสต์และรา ไม่เกิน $1x10^2$ โคโลนี/กรัม *E. coli* ต้องน้อยกว่า 3 MPN/กรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียและก่อโรคในเนื้อโคและเครื่องยาจีน

ชนิดของจุลินทรีย์	Mesophilic aerobic bacteria (log cfu/g)	Thermophilic aerobic bacteria (log cfu/g)	Yeast and mold (log cfu/g)	*S. aureus* (log cfu/g)	*Salmonella* spp. (log cfu/g)
วัตถุดิบเนื้อ[3]					
เนื้อสะโพก	4.97±0.25[1]	3.81±0.09	1.64±0.11	1.54±0.07	ND[2]
เครื่องยาจีน[4]					
เก๊ากี้	3.51±0.41	3.24±0.25	1.66±0.13	<1.00	ND
อบเชย	3.15±0.21	3.09±0.07	1.50±0.09	<1.00	ND
โป๊ยกั๊ก	4.05±0.17	3.65±0.11	1.01±0.03	<1.00	ND
พริกไทยดำ	3.85±0.08	3.41±0.20	1.23±0.16	<1.00	ND
เม็ดผักชี	3.64±0.22	3.58±0.32	1.45±0.26	<1.00	ND
กระวาน	4.11±0.09	3.74±0.15	1.14±0.15	<1.00	ND

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2] ND = ตรวจไม่พบ

[3] มาตรฐานเนื้อโค มกอช 6001-2547 กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $5x10^5$ โคโลนี/กรัม *S. aureus* ไม่เกิน $1x10^2$ โคโลนี/กรัม *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

[4] มาตรฐานผงพะโล้ มผช. 678/2547 กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1x10^5$ โคโลนี/กรัม Yeast and mold ไม่เกิน $1x10^2$ โคโลนี/กรัม *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

ตารางที่ 4.3 การปนเปื้อนเชื้อ Coliforms และ *E. coli* ในเนื้อโคและเครื่องยาจีน

ชนิดของจุลินทรีย์	Coliforms (MPN/g)	*E. coli* (MPN/g)
วัตถุดิบเนื้อ[1]		
เนื้อสะโพก	<3.0 – 7.4	<3.0
เครื่องยาจีน[2]		
เก๋ากี้	<3.0 - 9.4	<3.0
อบเชย	<3.0	<3.0
โป๊ยกั๊ก	<3.0 - 6.1	<3.0
พริกไทยดำ	<3.0 – 3.0	<3.0
เม็ดผักชี	<3.0	<3.0
กระวาน	<3.0	<3.0

[1] มาตรฐานเนื้อโค มกอช 6001-2547 กำหนดให้ Coliforms ต้องไม่เกิน $5x10^3$ MPN/กรัม

[2] มาตรฐานผงพะโล้ มผช. 678/2547 กำหนดให้ *Escherichia coli* ต้องน้อยกว่า 3 MPN/กรัม

4.2.2 การปรับปรุงสูตรเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีน

จากการศึกษาการปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์โดยกำหนด ความเข้มข้นของซอส 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ5.5 6.5 และ 7.5 ต่อปริมาตร ความเข้มข้นของน้ำตาล 3 ระดับ ได้แก่ร้อยละ 7.5 8.5 และ 9.5 ต่อปริมาตร และระยะเวลาในการตุ๋นที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 1 ชั่วโมง 1 ชั่วโมง 30 นาที และ 2 ชั่วโมง โดยค่าคุณภาพทางกายภาพที่ได้วิเคราะห์ ได้แสดงในตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาปัจจัยความเข้มข้นของซอสปรุงรสต่อคุณลักษณะทางด้านค่าสี พบว่า เมื่อเติมความเข้มข้นของซอสร้อยละ 5.5 ต่อปริมาตรจะทำให้มีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นของซอสร้อยละ 6.5 และ 7.5 ต่อปริมาตร ตามลำดับ ($P<0.01$) สอดคล้องกับ ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล เมื่อเติมความเข้มข้นของซอสปรุงรสร้อยละ 7.5 ต่อปริมาตรมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด รองลงมาคือ การเติมความเข้มข้นของซอสร้อยละ 6.5 และ 5.5 ต่อปริมาตร ตามลำดับ ($P<0.01$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim *et al.* (2013) พบว่า เมื่อเติมเติมเกลือและซอสถั่วเหลืองลงในผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปจะทำให้ค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เติมเฉพาะเกลือแกง ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ค่าองศาของสี และค่าความสดใสของสี ต่อระดับความเข้มข้นของซอสปรุงรส ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาปัจจัยความเข้มข้นของน้ำตาล 3 ระดับต่อคุณลักษณะทางด้านค่าสี พบว่า เมื่อเติมความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 7.5 ต่อปริมาตร จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมน้ำตาลร้อยละ 8.5 และ 9.5 ต่อปริมาตร ตามลำดับ ($P<0.01$) สอดคล้องกับค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล พบว่า เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 9.5 ต่อปริมาตร จะทำให้มีค่าดัชนี

การเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 8.5 และ 7.5 ตามลำดับ ($P<0.01$) อาจเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและคาราเมลไลเซชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ โดยปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเกิดขึ้นระหว่างกรดอะมิโน และน้ำตาลรีดิวซ์ โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะได้สารประกอบสีน้ำตาลอย่างเมลานอยดิน (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2551) ส่วนการเกิดปฏิกิริยาคาราเมล เกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วยความร้อนสูง โดยปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบคาร์บอนที่มีสี รส และกลิ่น (Kroh. 1994) นอกจากนี้ การใช้ซอสปรุงรสและน้ำตาลลงในผลิตภัณฑ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มมากยิ่งขึ้น (Fukutome *et al*. 2016) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ค่าองศาของสี และค่าความสดใสของสี ต่อระดับความเข้มข้นของน้ำตาล ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการตุ๋นต่อคุณลักษณะทางด้านค่าสี ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ค่าองศาของสี ค่าความสดใสของสี และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล ($P>0.05$) อีกทั้งไม่พบอิทธิพลร่วมกันระหว่างความเข้มข้นของซอสน้ำตาล และระยะเวลาในการตุ๋น ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านความเข้มข้นของซอส และความเข้มข้นของน้ำตาล ทางด้านเนื้อสัมผัส อันประกอบไปด้วย ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมได้แก่ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะรวมตัว ค่าความเหนียวคล้ายยาง ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเคี้ยวได้ และค่าแรงเฉือน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านระยะเวลาในการตุ๋นต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมและค่าแรงเฉือน พบว่า ระยะเวลาการตุ๋น 2 ชั่วโมงจะทำให้มีค่า ความแข็ง ค่าการเกาะรวมตัว ค่าความเหนียวคล้ายยาง ค่าความยืดหยุ่น และค่าความเคี้ยวได้ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการตุ๋น 1 ชั่วโมง 30 นาที และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ ($P<0.01$) อาจเนื่องมาจาก ขณะที่เนื้อได้รับความร้อน เนื้อจะมีลักษณะเหนียวขึ้นในระยะแรกเพราะว่าเกิดการเสียสภาพของการยืด–หดตัวของโปรตีน และในระยะที่สองความเหนียวจะยิ่งเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากเกิดการหดตัวของคอลลาเจน แต่ถ้าทำการปรุงอาหารด้วยความร้อนชื้นต่อไป จะทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันอ่อนตัวขึ้น เนื่องจากคอลลาเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นเจลาติน (สัญชัย จตุรสิทธา. 2543) จากผลการทดลองเป็นให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับ Chang *et al.* (2011) ศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและคอลลาเจนในเนื้อโคโดยใช้อุณหภูมิในการให้ความร้อน 95 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิใจกลางเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส พบว่าความร้อนในการปรุงสุกมีผลอย่างมากต่อพารามิเตอร์ต่างๆ ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม สอดคล้องกับผลการทดลอง Bertola *et al.* (1993) และ Deaudt (1972) พบว่าการใช้อุณหภูมิช่วง 80 – 90 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าความแข็งของตัวอย่างเนื้อสูงขึ้น แต่เมื่อให้ความร้อนเป็นระยะเวลานานจะทำให้เนื้อนุ่มลงได้ และสอดคล้องกับ Bouton *et al.* (1974) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการปรุงสุกต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกล้ามเนื้อลูกโค พบว่าเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนมากขึ้นส่งผลต่อค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อลดลง สอดคล้อง

กับ Machlik and draudt (1963) พบว่าเมื่อระยะเวลาในการปรุงสุกเพิ่มขึ้นทำให้ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อต่ำลง เนื่องจากการให้ความร้อนชื้นเป็นระยะเวลานานทำให้เนื้อนุ่มขึ้นเนื่องจากความร้อนจะทำลายโครงสร้างของโปรตีนทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อสูญเสียสภาพธรรมชาติส่งผลให้ความแข็งลดลง (Jiang *et al.* 2018) ทั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมกันระหว่างความเข้มข้นของซอส น้ำตาล และระยะเวลาในการตุ๋น (P>0.05)

ด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อโคคัดทิ้งตุ๋นยาจีน เมื่อพิจารณาปัจจัยความเข้มข้นของซอส พบว่าผู้ประเมินให้ระดับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏของความเข้มข้นของซอสร้อยละ 6.5 ต่อปริมาตรมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของซอสร้อยละ 7.5 และ 5.5 ต่อปริมาตรตามลำดับ (P<0.05) ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้ประเมินให้ระดับคะแนนความชอบเมื่อมีความเข้มข้นของซอสร้อยละ 6.5 ต่อปริมาตรมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของซอสร้อยละ 5.5 และ 7.5 ต่อปริมาตรตามลำดับ (P<0.05) ทั้งนี้พบว่าคุณลักษณะด้านกลิ่นเครื่องเทศ และรสชาติไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กล่าวคือผู้ประเมินให้ระดับคะแนนความชอบของความเข้มข้นซอสปรุงรสที่ร้อยละ 6.5 ต่อปริมาตร เมื่อพิจารณาปัจจัยความเข้มข้นของน้ำตาล พบว่าผู้ประเมินให้ระดับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 8.5 ต่อปริมาตรมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 9.5 และ 7.5 ต่อปริมาตรตามลำดับ (P<0.05) ทั้งนี้พบว่าคุณลักษณะด้านกลิ่นเครื่องเทศ และรสชาติไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กล่าวคือผู้ประเมินให้ระดับคะแนนความชอบของความเข้มข้นน้ำตาลสที่ร้อยละ 8.5 ต่อปริมาตร เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านระยะเวลาในการตุ๋น ว่าผู้ประเมินให้ระดับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเมื่อให้ระยะเวลาในการตุ๋น 2 ชั่วโมง มากที่สุดเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการตุ๋น 1 ชั่วโมง 30 นาที และระยะเวลาในการตุ๋น 1 ชั่วโมง ตามลำดับ (P<0.05) ทั้งนี้พบว่าคุณลักษณะด้านกลิ่นเครื่องเทศ และรสชาติไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับทดลองที่ใช้เครื่องมือ ทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่า การใช้ระยะเวลาในการตุ๋น 2 ชั่วโมง จะทำให้มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม และค่าแรงเฉือนต่ำที่สุด อันเนื่องมาจากผลจากการคลายตัวของคอลลาเจนเป็นเจลาตินที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ทั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมกันระหว่างความเข้มข้นของซอส น้ำตาล และระยะเวลาในการตุ๋น (P>0.05)

จากการทดลองการปรับปรุงสูตรเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีน พบว่าความเข้มข้นของซอสและน้ำตาลที่สูงขึ้นจะทำให้ความสว่างต่ำลงและเกิดค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำขึ้นโดยส่วนนี้ทางผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมเมื่อความเข้มข้นของซอสปรุงรสเท่ากับร้อยละ 6.5 ต่อปริมาตร และความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 8.5 ต่อปริมาตร ทางด้านค่าลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าเมื่อระยะเวลาในการตุ๋นเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม และค่าแรงเฉือนต่ำลง

สอดคล้องกับผลจากผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสที่ให้คะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเมื่อระยะเวลาในการตุ๋น 2 ชั่วโมงมากที่สุด ดังนั้นสูตรที่ดีที่สุดของเนื้อโคคัดทิ้งตุ๋นยาจีนก็คือการเติมความเข้มข้นของซอสร้อยละ 6.5 ต่อปริมาตร ความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 8.5 และใช้ระยะเวลาในการตุ๋น 2 ชั่วโมง เป็นสูตรที่ดีที่สุด เพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัยในการทดลองถัดไป

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางเคมี-กายภาพในการปรับปรุงสูตรเนื้อสะโพกตุ๋นยาจีน (LS Mean)

ลักษณะที่ศึกษา	% ซอส				% น้ำตาล				ระยะเวลาในการตุ๋น (ชั่วโมง)				P-value			
	5.5	6.5	7.5	SEM	7.5	8.5	9.5	SEM	1	1.5	2	SEM	ซอส	น้ำตาล	ระยะเวลา	Interaction
ค่าสี																
- ความสว่าง	34.58[1,a]	32.76[b]	30.74[c]	0.53	34.64[a]	32.69[b]	30.76[c]	0.53	32.57	32.74	32.78	0.53	0.01	0.01	0.90	0.98
- ค่าสีแดง	10.50	10.52	10.61	0.25	10.53	10.53	10.57	0.25	10.51	10.47	10.63	0.25	0.70	0.76	0.56	0.93
- ค่าสีเหลือง	18.28	18.27	18.32	0.38	18.47	18.17	18.23	0.38	18.29	18.25	18.32	0.38	0.93	0.99	0.94	0.97
- ค่าองศาของสี	62.02	62.15	61.56	0.77	61.72	61.83	62.18	0.77	61.64	62.19	61.90	0.77	0.73	0.83	0.78	0.99
- ค่าความสดใสของสี	21.12	21.11	21.21	0.50	21.31	21.02	21.11	0.50	21.13	21.09	21.22	0.50	0.99	0.93	0.74	0.99
- ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล	96.13[c]	102.03[b]	110.12[a]	2.29	96.60[c]	102.09[b]	109.59[a]	2.29	103.44	102.64	102.19	2.29	0.01	0.01	0.86	0.80
ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม																
- ค่าความแข็ง (N)	9.52	9.23	9.29	0.30	9.38	9.37	9.30	0.30	10.90[a]	9.83[b]	7.30[c]	0.30	0.59	0.96	0.01	0.99
- ค่าการเกาะรวมตัว (ratio)	0.64	0.64	0.64	0.01	0.64	0.64	0.64	0.01	0.79[a]	0.62[b]	0.52[c]	0.01	0.81	0.85	0.01	0.78
- ค่าความเหนียวคล้ายยาง (N)	6.30	6.10	6.07	0.23	6.17	6.19	6.11	0.23	8.57[a]	6.06[b]	3.83[c]	0.23	0.52	0.93	0.01	0.99
- ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0.77	0.78	0.78	0.01	0.78	0.77	0.77	0.01	0.84[a]	0.77[b]	0.70[c]	0.01	0.54	0.41	0.01	0.95
- ค่าความเคี้ยวได้ (N)	3.67	3.77	3.79	0.08	3.71	3.77	3.76	0.08	6.27[a]	3.39[b]	1.58[c]	0.08	0.85	0.94	0.01	0.99
ค่าแรงเฉือน (N)	76.15	74.77	76.24	0.29	76.15	75.17	76.93	0.29	108.49[a]	77.42[b]	41.26[c]	0.29	0.81	0.38	0.01	0.98
ลักษณะทางประสาทสัมผัส																
- ลักษณะปรากฏ	5.38[c]	6.33[a]	5.71[b]	0.05	5.51[c]	6.01[a]	5.83[b]	0.05	5.16[c]	5.55[b]	6.70[a]	0.05	0.01	0.01	0.01	0.08
- กลิ่นเครื่องเทศ	7.33	7.35	7.34	0.16	7.30	7.43	7.28	0.16	7.31	7.37	7.34	0.16	0.82	0.80	0.70	0.99
- รสชาติ	7.48	7.36	7.31	0.14	7.30	7.47	7.37	0.14	7.37	7.41	7.37	0.14	0.01	0.01	0.01	0.24
- ลักษณะเนื้อสัมผัส	6.38[b]	6.97[a]	6.19[c]	0.03	6.10[c]	7.01[a]	6.42[b]	0.03	5.35[c]	6.40[b]	7.78[a]	0.03	0.38	0.93	0.01	0.94
- ความชอบโดยรวม	6.37[b]	6.80[a]	6.12[c]	0.05	6.08[c]	6.87[a]	6.35[b]	0.05	5.32[c]	6.23[b]	7.74[a]	0.05	0.01	0.01	0.01	0.06

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

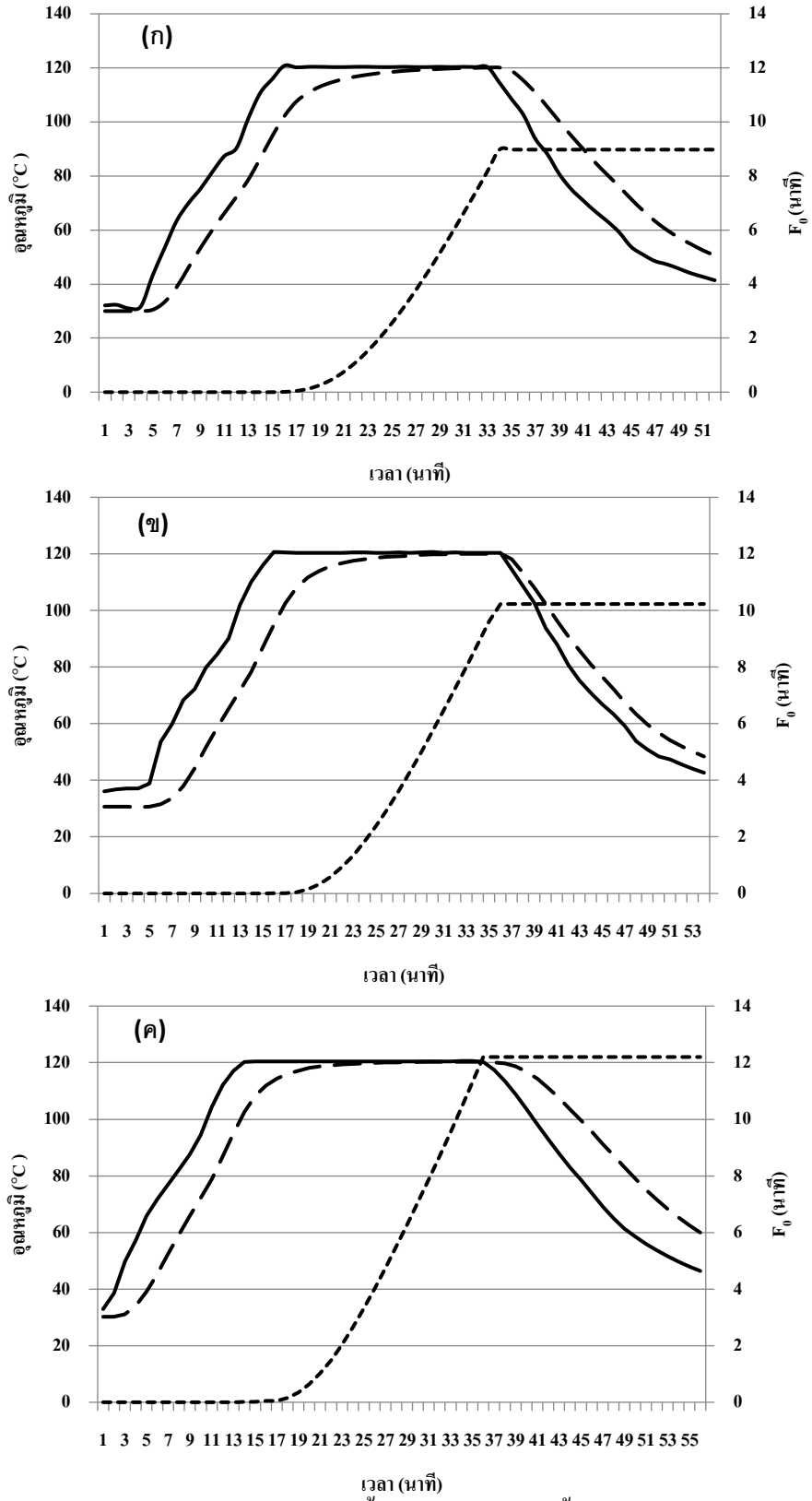
4.3 การทดลองที่ 3 การออกแบบกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

4.3.1 การบรรจุและปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ เพื่อหาน้ำหนักบรรจุ และระยะปิดผนึกที่เหมาะสม

การศึกษาการบรรจุและปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ทำตามสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2557) กำหนดให้ช่องว่างเหนืออาหารในการปิดผนึกถุงรีทอร์ทเพาซ์จะต้องมีพื้นที่ระหว่างอาหารที่บรรจุภายในจนถึงจุดที่ปิดผนึกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 6 และไม่เกินร้อยละ 10 โดย หน่วยงานกำกับดูแลความปลอดภัยด้านอาหารของประเทศแคนาดา (Canadian Food Inspection Agency; CFIA) (2002) กำหนดระยะห่างจากปากถุงถึงจุดปิดผนึกไม่เกิน 2.5 เซนติเมตร ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้ถุงรีทอร์ทเพาซ์ขนาด 14×18 เซนติเมตร จึงได้ทดลองบรรจุเนื้อ และน้ำในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าอัตราส่วนระหว่างเนื้อกับน้ำที่ 1 : 1.5 น้ำหนักสุทธิ 390 กรัม เหมาะสมที่สุด เนื่องจากทำให้มีช่องว่างเหนืออาหารเท่ากับร้อยละ 8 และระยะจากปากถุงถึงจุดปิดผนึกไม่เกิน 2.5 เซนติเมตร อีกทั้งยังเป็นไปตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท (2556) โดยระบุว่าผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ตุ๋นที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทต้องมีน้ำหนักเนื้อตั้งแต่ร้อยละ 30 ขึ้นไป แต่อย่างไรก็ตาม Veda *et al.* (2003) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อสเต็กและเนื้อโคตุ๋นในรีทอร์ทเพาซ์ที่มีช่องว่างเหนืออาหารแตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 10 20 30 และ 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ตลอดอายุการเก็บรักษา และไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเคมี – กายภาพ คุณภาพทางประสาทสัมผัส รวมทั้งออกซิเจนที่เหลืออยู่ภายในถุงก็ไม่ส่งผลต่อค่าการเกิดออกซิเดชันของไขมัน

4.3.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเชิงการค้าที่แตกต่างกันต่อการผลิตเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ได้แก่ F_0 เท่ากับ 8 10 และ 12 นาที พบว่าค่า F_0 เท่ากับ 8 10 และ 12 นาที ใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ เท่ากับ 17 21 และ 23 นาที ตามลำดับ ณ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ F_0=8 (ก) F_0=10 (ข) F_0=12 (ค) นาที กำหนดให้ อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อ (——) อุณหภูมิบริเวณจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ (— —) และ F_0 ระหว่างความร้อนที่ระยะเวลา ต่างๆ (- - -)

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางกายภาพของเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 ระดับที่อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส ทางด้านค่าสี พบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเท่ากับ 8 นาทีมีค่าความสว่างมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเท่ากับ 12 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเป็นผลมาจากความร้อนจะทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินทำให้เกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างหมู่อะมิโนของโปรตีนในกล้ามเนื้อและน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งมีอยู่ในเนื้อเยื่อ และเกิดจากการแปลงสภาพของไมโอโกลบิน โดยไมโอโกลบินรวมกับออกซิเจนเกิดเป็นออกซิไมโอโกลบิน และเมื่อให้ความร้อนออกซิไมโอโกลบินจะเริ่มสลายตัว และให้สีน้ำตาลของ denatured globin hemochrome (Faustman and Suman. 2017) ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น ค่าสว่างจึงลดลงตามระยะเวลาในการให้ความร้อน เมื่อพิจารณาค่าองศาของสีต่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ พบว่า ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่ 8 นาที มีค่าองศาของสีสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ที่ 10 และ 12 นาที ($P<0.05$) หมายความว่าเมื่อระยะเวลาฆ่าเชื้อ 8 นาที จะทำให้โทนสีค่อนไปทางสีส้มแดง ส่วนระยะเวลาในการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ที่ 10 และ 12 นาทีจะทำให้โทนสีค่อนไปทางสีเหลืองส้ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shah *et al.* (2017) ศึกษาผลิตภัณฑ์ เนื้อโคตุ๋นเครื่องเทศสำเร็จรูปในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ โดยมีระยะเวลาในการฆ่า ที่มีค่า F_0 เท่ากับ 7 – 11 นาที ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส พบว่าค่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความสว่างต่ำลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากระยะเวลาในการให้ความร้อนที่สูงขึ้น (Mohan *et al.* 2006; Muhlisin *et al*. 2013) เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Majumda *et al.* (2014) ศึกษาค่า F_0 ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แกงปลากระโห้ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ พบว่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่มีค่า F_0 เท่ากับ 5 นาที มีค่าความสว่างสูงที่สุดและเมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นค่าความสว่างจะต่ำลง อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโนที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนนานขึ้นซึ่งส่งผลต่อค่าความสว่างของตัวอย่าง (Bindu *et al.* 2008; Majumdar *et al.* 2015 และ Shah *et al.* 2017) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าสีแดง สีเหลือง ค่าความสดใสของสี และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล เมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน ($P>0.05$)

ทางด้านค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม พบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีอทร์ทเพาซ์ที่มีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 12 นาที ทำให้มีค่าความแข็ง ค่าความเหนียวคล้ายยาง และค่าการเคี้ยวได้น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 8 และ 10 นาที ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่ 2 ที่มีการปรับปรุงสูตรเนื้อโคตุ๋นยาจีน ในแง่ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาในการตุ๋นเนื้อ พบว่าระยะเวลาในการตุ๋นเนื้อที่นานขึ้นส่งผลให้ ค่าความแข็ง ค่าความเกาะรวมตัว ค่าความเหนียวคล้ายยาง ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวได้ต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนและโครงสร้างกล้ามเนื้อ

ถูกทำลายระหว่างการฆ่าเชื้อ (Bindu *et al*. 2007) โดยน้ำจะไฮโดรไลส์เส้นใยคอลลาเจนให้เปลี่ยนไปเป็นเจลาตินส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีความนุ่มขึ้น (วิไล รังสาดทอง. 2546; Gopinath *et al.* 2007; Kugino and Kugino. 1994) ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Majumdar *et al*. (2015) พบว่าค่าความแข็ง ค่าความเหนียวคล้ายยาง ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวได้ของผลิตภัณฑ์แกงเนื้อปลาลดลง เมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อมากขึ้น สอดคล้องกับ Gopinath *et al*. (2007) ศึกษาปลาหมึกพร้อมบริโภคบรรจุกระป๋อง พบว่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ ค่าความแข็ง ค่าความเหนียวคล้ายยาง ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวได้ของผลิตภัณฑ์ต่ำลง แต่พบว่าเมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าการยืดหยุ่นของชิ้นเนื้อสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สาเหตุอาจเนื่องมาจากคอลลาเจนเปลี่ยนไปเป็นเจลาตินมากยิ่งขึ้นทำให้น้ำถูกจับไว้ในโครงสร้างกล้ามเนื้อได้ดีส่งผลให้เนื้อสัมผัสนุ่มขึ้นทำให้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น (Sikorski and Borderias. 1994; Gao *et al.* 2001) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าความเหนียวคล้ายยางเมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น ($P>0.05$)

ทางด้านค่าแรงเฉือนพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าแรงเฉือนจากวัตถุดิบเนื้อโคคัดทิ้งจากการทดลองที่หนึ่ง เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนก่อนการฆ่าเชื้อในการทดลองที่ 2 ที่มีระยะเวลาในการตุ๋น 2 ชั่วโมง และเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่มีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 12 นาที พบว่าค่าแรงเฉือนลดลงจาก 64.88 41.26 และ 28.81 N ตามลำดับ เนื่องจากความร้อนชื้นมีส่วนช่วยทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้นตามที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

เมื่อพิจารณาความชอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ เมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน พบว่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 10 นาที ส่งผลให้ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อแก่ผลิตภัณฑ์ 8 และ 12 นาที ($P<0.01$) โดยผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสกล่าวว่าการใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 8 นาที มีค่าลักษณะทางเนื้อสัมผัสการเคี้ยวที่เหนียวอยู่บ้าง เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 10 และ 12 นาที ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ทดลองด้วยเครื่องมือที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 8 นาที มีค่าความแข็ง ค่าความเหนียวคล้ายยาง ค่าความเคี้ยวได้ สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการฆ่าเชื้อแก่ผลิตภัณฑ์ที่ 10 และ 12 นาที แต่ทว่าเมื่อใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อแก่ผลิตภัณฑ์ที่ 12 นาที เนื้อมีลักษณะเปื่อยนุ่ม แต่กลิ่นเครื่องเทศลดลง ส่งผลให้ผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสให้ระดับคะแนนความชอบโดยรวมที่ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่ 10 นาที มากที่สุด

สำหรับคุณภาพทางจุลินทรีย์ก่อนกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า (ตารางที่ 4.7) พบจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลางทั้งที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศอยู่ที่ 4.60 และ 4.44 log

cfu/g ส่วนจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงทั้งที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศอยู่ที่ 3.43 และ 3.28 log cfu/g อีกทั้งยังพบการเจริญของยีสต์และราอยู่ที่ 0.55 log cfu/g จำนวน Coliform และ *E. coli* <3 MPN/g และพบว่าตรวจไม่พบ *S. aureus Salmonella* spp. และ *C. perfringens* ซึ่งเป็นไปประกาศของกระทรวงสาธารณะสุขเรื่องอาหารปรุงสุกทั่วไป (2553)

สำหรับคุณภาพทางจุลินทรีย์หลังกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า เมื่อใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 8 10 และ 12 นาที (ตารางที่ 4.8) ส่งผลให้คุณภาพทางชีวภาพเป็นไปตามประกาศกรมปศุสัตว์ เรื่อง เกณฑ์ด้านจุลชีววิทยาของสินค้าปศุสัตว์เพื่อการส่งออก กำหนดให้ต้องไม่พบเชื้อภายหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า (กรมปศุสัตว์. 2551) ทั้งนี้เมื่อนำไปตรวจสอบการทดสอบการปลอดเชื้อ (Sterility test) ของผลิตภัณฑ์ที่มีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 ระดับ (ตารางที่ 4.9) รวมทั้งเซลล์จุลินทรีย์ที่เหลือรอดก็ตรวจไม่พบในผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกัน

จากการทดลองการบรรจุ และปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าใช้ถุงรีทอร์ทที่มีขนาด 14×18 เซนติเมตร โดยบรรจุเนื้อและน้ำในอัตราส่วน 1 : 1.5 โดยมีน้ำหนักสุทธิ 390 กรัม เหมาะสมที่สุดแก่ผลิตภัณฑ์ และจากการทดลองการหาระยะเวลาการฆ่าเชื้อเชิงการค้าให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีอทร์ทเพาซ์ให้มีความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ และคงคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสได้ดี พบว่าการใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 8 นาที ทำให้มีความปลอดภัยต่อการบริโภคจากจุลินทรีย์ อีกทั้งผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสให้คะแนนคุณลักษณะทางด้าน กลิ่นเครื่องเทศรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพทางกายภาพที่ทดสอบด้วยเครื่องมืออีกด้วย ดังนั้นจึงได้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเชิงการค้าที่ 10 นาที เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อโคตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีอทร์ทเพาซ์ในการทดลองถัดไป

ตารางที่ 4.5 ผลของระยะเวลาในการฆ่าเชื้อในกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

ลักษณะที่ศึกษา	F_0 = 8 (นาที)	F_0 = 10 (นาที)	F_0 = 12 (นาที)	P – value
ค่าสี				
- ความสว่าง	35.14±0.80[a]	34.35±2.03[ab]	33.55±2.88[b]	0.045
- ค่าสีแดง	10.95±1.71	12.66±2.20	11.64±1.20	0.119
- ค่าสีเหลือง	20.20±1.85	19.70±5.84	18.04±2.77	0.454
- ค่าองศาของสี	61.43±1.59[a]	56.82±4.05[b]	57.03±1.65[b]	0.001
- ค่าความสดใสของสี	22.99±2.41	23.44±6.03	21.49±2.95	0.560
- ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล	105.24±18.85	108.49±6.24	99.93±6.41	0.758
ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม				
- ค่าความแข็ง (N)	4.64±0.80[1,2,a]	4.03±0.78[a]	2.34±0.34[b]	0.050
- ค่าการเกาะรวมตัว (ratio)	0.51±0.10	0.47±0.04	0.46±0.12	0.665
- ค่าความเหนียวคล้ายยาง (N)	2.37±0.54[a]	1.87±0.25[a]	1.11±0.46[b]	0.012
- ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0.74±0.08[b]	0.77±0.04[ab]	0.84±0.03[a]	0.022
- ค่าความเคี้ยวได้ (N)	1.75±0.34[a]	1.45±0.12[a]	0.90±0.54[b]	0.014
ค่าแรงเฉือน (N)	33.71±1.04	32.24±0.34	28.81±0.89	0.626

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.6 ผลของระยะเวลาในการฆ่าเชื้อในกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าต่อความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

ลักษณะที่ศึกษา	F_0 = 8 (นาที)	F_0 = 10 (นาที)	F_0 = 12 (นาที)	P - value
ลักษณะปรากฏ	7.13±1.31[1,2]	7.17±1.42	6.90±1.49	0.727
กลิ่นเครื่องเทศ	6.53±1.23[b]	7.80±1.33[a]	6.50±1.25[b]	0.001
รสชาติ	6.73±1.37[b]	7.50±1.19[a]	6.36±1.43[b]	0.001
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.13±1.28[b]	8.13±1.32[a]	6.37±1.60[c]	0.001
ความชอบโดยรวม	7.10±1.30[b]	8.13±1.16[a]	6.53±0.91[c]	0.001

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนก่อนผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

ชนิดของจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์
Total plate count[1,2] (log cfu/g)	
- Mesophilic aerobic bacteria	4.60±0.03
- Thermophilic aerobic bacteria	3.43±0.11
- Mesophilic anaerobic bacteria	4.44±0.23
- Thermophilic anaerobic bacteria	3.28±0.11
Yeast and mold (log cfu/g)	0.55±0.08
Coliforms (MPN/g)	<3.0
Escherichia coli (MPN/g)	<3.0
S. aureus[2] (log cfu/g)	ND[3]
Salmonella spp.[2] (log cfu/g)	ND
C. perfringens[2] (log cfu/g)	ND

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2] ตามมาตรฐาน อาหารปรุงสุกทั่วไป กระทรวงสาธารณะสุข จุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน $1x10^6$ โคโลนี/กรัม *S. aureus* ไม่เกิน $1x10^2$ โคโลนี/กรัม *C. perfringens* ไม่เกิน $1x10^2$ โคโลนี/กรัม *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

[3] ND = ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

ชนิดของจุลินทรีย์[1]	F_0= 8 (นาที)	F_0= 10 (นาที)	F_0= 12 (นาที)
Total plate count (log cfu/g)			
- Mesophilic aerobic bacteria	ND[2]	ND	ND
- Thermophilic aerobic bacteria	ND	ND	ND
- Mesophilic anaerobic bacteria	ND	ND	ND
- Thermophilic anaerobic bacteria	ND	ND	ND
Yeast and mold (log cfu/g)	ND	ND	ND
S. aureus (log cfu/g)	ND	ND	ND
Salmonella spp. (log cfu/g)	ND	ND	ND
Flat sour bacterial (log cfu/g)	ND	ND	ND
C. perfringens (log cfu/g)	ND	ND	ND
C. botulinum (log cfu/g)	ND	ND	ND
Coliforms (MPN/g)	<3.0	<3.0	<3.0
Escherichia coli (MPN/g)	<3.0	<3.0	<3.0

[1] ประกาศกรมปศุสัตว์ เรื่อง เกณฑ์ด้านจุลชีววิทยาของสินค้าปศุสัตว์เพื่อการส่งออก กำหนดให้ต้องไม่พบเชื้อ

[2] ND = ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.9 การทดสอบการปลอดเชื้อ (Sterility test) ของผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

ชนิดของจุลินทรีย์	F_0 = 8 (นาที)	F_0 = 10 (นาที)	F_0 = 12 (นาที)
55 °C เป็นเวลา 5 วัน			
Spore forming bacteria	ND[1]	ND	ND
Total plate count (log cfu/g)			
- Mesophilic aerobic bacteria	ND	ND	ND
- Thermophilic aerobic bacteria	ND	ND	ND
- Mesophilic anaerobic bacteria	ND	ND	ND
- Thermophilic anaerobic bacteria	ND	ND	ND
35 °C เป็นเวลา 15 วัน			
Spore forming bacteria (log cfu/g)	ND	ND	ND
Total plate count (log cfu/g)			
- Mesophilic aerobic bacteria	ND	ND	ND
- Thermophilic aerobic bacteria	ND	ND	ND
- Mesophilic anaerobic bacteria	ND	ND	ND
- Thermophilic anaerobic bacteria	ND	ND	ND

[1] ND = ตรวจไม่พบ

4.4 การทดลองที่ 4 การเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน คือ เนื้อโคขุนคัดทิ้ง และเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ 3

4.4.1 เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน

เมื่อพิจารณาด้านองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกแตกต่างกัน คือ เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (ตารางที่ 4.10) พบว่าค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่ามีความชื้นประมาณร้อยละ 76 โปรตีนประมาณร้อยละ 18 ไขมันประมาณร้อยละ 2.5 เถ้าประมาณร้อยละ 1.8 และคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 1.6 เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสดจากการทดลองที่ 1 พบว่าปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นโดยเนื้อสดมีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 70 เมื่อเป็นผลิตภัณฑ์มีร้อยละของปริมาณความชื้นประมาณ 76 ส่วนค่าร้อยละของโปรตีน และไขมัน พบว่ามีในเนื้อสดมีปริมาณร้อยละของโปรตีนประมาณ 21 เมื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เหลือร้อยละของ

โปรตีนประมาณ 18 และในเนื้อสดมีปริมาณไขมันประมาณ 5 เมื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เหลือร้อยละของไขมันประมาณ 2.5 แต่ทั้งนี้พบว่าปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตระหว่างเนื้อสดและเนื้อแปรรูปตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีปริมาณร้อยละที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเกิดจากผลิตภัณฑ์เป็นแบบน้ำผสมเนื้อในอัตราส่วน 1.5 : 1 ทำให้มีความชื้นสูงขึ้นจากวัตถุดิบเนื้อสด เมื่อพิจารณาค่าร้อยละของโปรตีนที่มีปริมาณลดลงเมื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาจเนื่องมาจากเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนเนื่องจากความร้อน ทำให้โปรตีนหลุดออกมาจากโครงสร้างกล้ามเนื้อ รวมทั้งปริมาณไขมันที่ลดลงอาจเนื่องมาจากความร้อนทำให้ไขมันภายในกล้ามเนื้อหลอมละลายออกมาภายนอกโครงสร้างกล้ามเนื้อและอยู่ภายในน้ำซุปทำให้ปริมาณไขมันลดลง

ทางด้านค่าความเป็นกรด – ด่าง พบว่าเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีค่าความเป็นกรด – ด่างสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกระดับ 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ($P>0.05$) โดยเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนมีค่าความเป็นกรด - ด่าง ประมาณ 6 จึงจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ($pH > 4.6$) ให้ผลไปในทางทิศเดียวกันกับการศึกษาของ Muhlisin *et al.* 2013 พบว่าค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์ไก่ผัดซอสในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีค่าเท่ากับ 6.09 และเป็นไปในทำนองเดียวกันกับ ดนุพล จิรวรรณพันธุ์ (2549) ทำการศึกษาห่อหมกปลาช่อนพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว พบว่าหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์มีค่าพีเอชเท่ากับ 6.13

เมื่อพิจารณาปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ และผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกเกรด 2 และ 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ($P>0.05$) แต่ ผลิตภัณฑ์ที่มีวัตถุดิบเนื้อสดที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน มีแนวโน้มแตกต่างกันทางสถิติทางด้านปริมาณร้อยละของคอลลาเจนที่ละลายในน้ำ ($P<0.07$) โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ มีปริมาณร้อยละของคอลลาเจนที่ละลายน้ำมากกว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรกเกรด 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ 1 ด้านวัตถุดิบเนื้อสด ซึ่งพบว่าเนื้อโคขุนคัดทิ้งมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำมากกว่า เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้พบว่าร้อยละของปริมาณคอลลาเจนที่ละลายในน้ำของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีอทร์ทเพาซ์มากกว่าวัตถุดิบเนื้อสด อาจเนื่องมาจากการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานาน โดยเริ่มจากการให้ความร้อนในกระบวนการแปร

รูปของการทดลองที่ 2 และระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเชิงการค้าทำให้คอลลาเจนเกิดการคลายตัว และหลุดลอกออกมาได้มากยิ่งขึ้นดังที่ได้กล่าวไปในข้างต้น

ทางด้านการออกซิเดชันของไขมัน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ และ เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (P>0.05)

4.4.2 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน

เมื่อพิจารณาด้านองค์ประกอบทางกายภาพของเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกแตกต่างกัน คือ เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (ตารางที่ 4.10) เมื่อพิจารณาทางด้านค่าสี ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ค่าองศาของสี ค่าความสดใสของสี และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบจากการทดลองที่ 1 จากวัตถุดิบเนื้อสดพบว่าค่าความสว่างของเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 เพิ่มขึ้น อาจเกิดจากน้ำบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ทำให้มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เพราะการประเมินค่าสีจะทำการประเมินที่บริเวณผิวหน้าของชิ้นเนื้อ เมื่อบริเวณผิวหน้าของชิ้นเนื้อมีน้ำอยู่ทำให้เกิดการกระเจิงของแสง ซึ่งอาจส่งผลให้มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ทางด้านค่าสีแดงเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์หลังการแปรรูปกับวัตถุดิบเนื้อสด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าสีเหลืองพบว่าวัตถุดิบเนื้อสดจะมีค่าสีเหลืองต่ำกว่าผลิตภัณฑ์สาเหตุอาจเนื่องมาจากความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดส่งผลให้มีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นและยังสอดคล้องกับค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลอีกด้วย (Ganhão *et al.* 2010; Ramirez *et al.* 2005; Matsuda *et al.* 2013) ทางด้านค่าองศาของสี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัตถุดิบเนื้อสด และผลิตภัณฑ์หลังแปรรูป พบว่าผลิตภัณฑ์หลังแปรรูปมีค่าองศาของสีเปลี่ยนไป โดยในวัตถุดิบเนื้อสดจะมีค่าองศาของสีอยู่ที่ประมาณ 45 ซึ่งจะอยู่ในช่วงสีส้มแดง และหลังการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ค่าองศาของสีเปลี่ยนไปเป็น 60 ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นช่วงสีส้มแดงค่อนไปทางเหลือง นอกจากนี้ค่าความสดใสของสีหลังแปรรูปผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบเนื้อสด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ferreira *et al.* (2016) ศึกษาคุณภาพทางเคมีของเนื้อไก่ขึ้นรูปก่อนและหลังการปรุงสุกด้วยวิธีต้ม อบ และย่าง พบว่าเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะทำให้เนื้อมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล อีกทั้งยังทำให้ค่าความสดใสของสีเพิ่มขึ้นเช่นกัน

เมื่อพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม ได้แก่ ค่าความแข็งตัว ค่าการเกาะรวมตัว ค่าความเหนียวคล้ายยาง ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเคี้ยวได้ พบว่าเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีค่าความแข็งต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยเนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรด 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนค่าความเหนียวคล้ายยางพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่

ผลิตด้วยเนื้อโคที่ได้จากซากโคเกรด 3 มีค่าความเหนียวสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคเกรดอื่นๆ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดจาก ซึ่งค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมสามารถบอกถึงลักษณะความนุ่มเหนียวของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งจากผลการทดลองที่ 1 (คุณภาพด้านเนื้อสด) พบว่าเนื้อสดมีความเหนียวมากกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนโดยสาเหตุเนื่องมาจากการให้ความร้อนจะส่งผลต่อโครงสร้างภายในกล้ามเนื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยคอลลาเจนจะสูญเสียโครงสร้างไปอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ตั้งแต่ให้ระดับความร้อนต่อชิ้นเนื้อที่ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวจะไปรบกวนพันธะไฮโดรเจนของคอลลาเจน โดยไอน้ำจะไปไฮโดรไลซ์คอลลาเจนให้เปลี่ยนเป็นเจลาตินทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น Lawrie (1968) กล่าวว่า การให้อุณหภูมิมากขึ้นจะสัมพันธ์กับคอลลาเจนที่ละลายน้ำจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งจากผลการทดลองของงานวิจัย พบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้ง เนื้อโคที่มีมันแทรกระดับ 2 และ 3 มีร้อยละของปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้เท่ากับ 16.67 15.51 และ 14.79 ตามลำดับ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณร้อยละของคอลลาเจนที่ละลายในน้ำของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้ง เนื้อโคขุนที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์พบว่ามีร้อยละของปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้เท่ากับ 25.76 22.65 และ 19.67 ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าการเกาะรวมตัว ค่าความยืดหยุ่น และค่าเคี้ยวได้ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าแรงเฉือน พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อโคคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีค่าแรงเฉือนต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากซากโคเกรดอื่น ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจากปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนสูงกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ 3 ตุ๋นยาจีนส่งผลให้ค่าความนุ่มมากกว่าด้วยสาเหตุข้างต้นที่ได้กล่าวไปแล้ว

4.4.3 เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน

เมื่อพิจารณาความชอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีอทร์ทเพาซ์ และผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนที่ผลิตจากซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 2 และ 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีอทร์ทเพาซ์ (ตารางที่ 4.12) พบว่าผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสให้ระดับคะแนนความชอบทางด้าน รสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีอทร์ทเพาซ์มากที่สุด ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนที่ผลิตจากซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 2 และ 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีอทร์ทเพาซ์ ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีอทร์ทเพาซ์มีค่าระดับคะแนนความชอบสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนที่ผลิตจากซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีอทร์ทเพาซ์ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ทดลองด้วยเครื่องมือที่กล่าวไว้ข้างต้นที่พบว่า

ผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีค่าความแข็ง ค่าความเหนียวคล้ายยาง และค่าแรงเฉือนต่ำที่สุดซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคให้ระดับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าระดับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ และกลิ่นเครื่องเทศ (P>0.05)

4.4.4 การทดสอบการปลอดเชื้อ (Sterility test) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ภายหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ

การทดสอบความปราศจากเชื้อของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.13) เมื่อนำถุงที่ได้ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วัน และอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วันแล้ว พบว่า ถุงบรรจุภัณฑ์อยู่ในสภาพปกติ ไม่พบการบวม อีกทั้งเมื่อนำถุงดังกล่าวไปตรวจสอบคุณภาพทางชีวภาพ พบว่าไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลางทั้งที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ รวมถึงไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงทั้งที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศอยู่ที่ นอกเหนือจากนั้นยังไม่พบการงอกของสปอร์จากแบคทีเรียที่ทนความร้อนอีกด้วย

จากการทดลองการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนที่ผลิตจากเนื้อโคขุนที่มีไขมันแทรกแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่า เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม ค่าแรงเฉือน ไม่ด้อยไปกว่าเนื้อโคขุนที่ผลิตจากเนื้อโคที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ 3 อีกทั้งผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสยังให้คะแนนความชอบทางด้านรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแก่ผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มากที่สุดอีกด้วย

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพเนื้อโคขุนต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

ลักษณะที่ศึกษา	เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีน	เนื้อโคขุนเกรด 2 ตุ๋นยาจีน	เนื้อโคขุนเกรด 3 ตุ๋นยาจีน	P - value
องค์ประกอบทางเคมีภายในเนื้อ (% wb)				
- ความชื้น	76.13±0.80	75.58±0.30	76.65±0.62	0.289
- โปรตีน	18.01±0.33	18.32±0.19	17.65±0.50	0.328
- ไขมัน	2.58±0.11	2.30±0.17	2.50±0.11	0.162
- เถ้า	1.72±0.01	1.82±0.08	1.77±0.05	0.259
- คาร์โบไฮเดรต	1.56±0.82	1.99±0.48	1.44±1.11	0.796
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	6.04±0.91[a]	6.00±0.08[ab]	5.91±0.04[b]	0.045
ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด (mg/g meat)	3.91±0.19	3.88±0.26	4.32±0.25	0.194
ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำ (%)	24.76±1.22	22.65±1.61	20.00±2.64	0.070
ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (mg MDA/kg meat)	3.92±0.32	3.61±0.11	3.79±0.43	0.101
ค่าสี				
- ความสว่าง	31.19±1.02	32.01±1.41	32.62±1.88	0.419
- ค่าสีแดง	13.96±1.46	12.87±1.23	12.04±0.56	0.099
- ค่าสีเหลือง	24.88±3.31	22.18±3.35	22.80±1.94	0.423
- ค่าองศาของสี	60.54±2.18	59.64±2.00	62.07±1.68	0.250
- ค่าความสดใสของสี	28.55±3.46	25.66±3.47	25.80±1.86	0.346
- ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล	165.31±35.44	143.74±23.37	139.78±28.42	0.444
ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม				
- ค่าความแข็ง (N)	5.30±1.00[b]	6.91±1.00[a]	8.11±0.97[a]	0.006
- ค่าการเกาะรวมตัว (ratio)	0.50±0.08	0.47±0.04	0.53±0.04	0.397
- ค่าความเหนียวคล้ายยาง (N)	2.60±0.68[b]	3.15±0.25[b]	4.19±0.52[a]	0.004
- ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0.66±0.03	0.65±0.05	0.63±0.05	0.627
- ค่าความเคี้ยวได้ (N)	1.96±0.95	2.04±0.09	2.63±0.49	0.289
ค่าแรงเฉือน (N)	40.18±0.81[a]	55.66±0.94[b]	56.64±1.25[b]	0.001

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพเนื้อโคขุนต่อความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

ลักษณะที่ศึกษา	เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีน	เนื้อโคขุนเกรด 2 ตุ๋นยาจีน	เนื้อโคขุนเกรด 3 ตุ๋นยาจีน	P - value
ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ประเมิน				
- ลักษณะปรากฏ	7.70±1.12[1]	7.73±1.04	7.50±1.16	0.681
- กลิ่นเครื่องเทศ	7.23±1.43	7.33±1.24	7.16±1.39	0.892
- รสชาติ	8.13±1.04[a]	7.53±1.0.1[b]	7.50±1.19[b]	0.036
- ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.60±1.32[a]	7.06±1.50[ab]	6.53±1.63[b]	0.026
- ความชอบโดยรวม	8.03±0.99[a]	7.46±1.22[ab]	7.55±1.16[b]	0.044

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.12 การทดสอบการปลอดเชื้อ (Sterility test) ของผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเชิงการค้าของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์เพาซ์

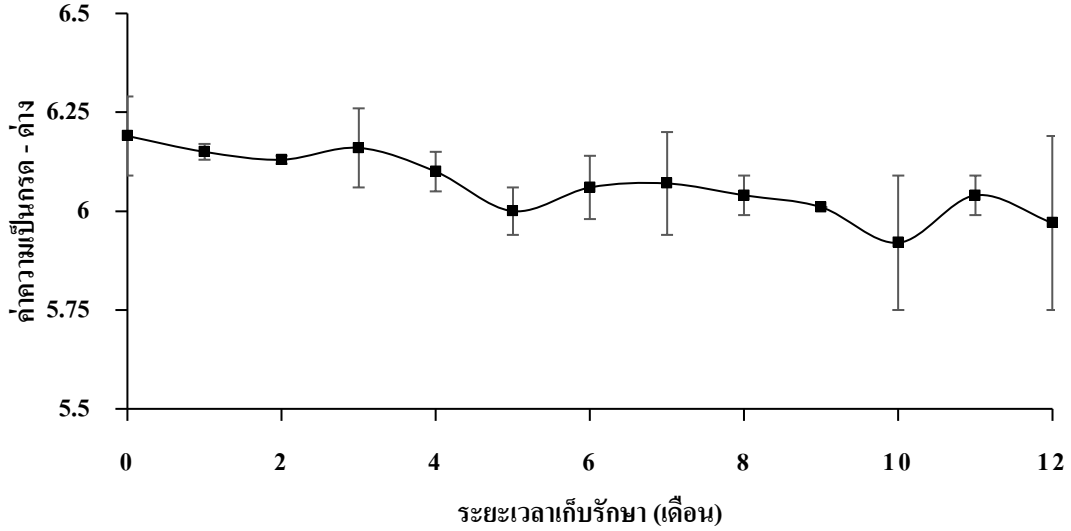
ชนิดของจุลินทรีย์	เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีน	เนื้อโคขุนเกรด 2 ตุ๋นยาจีน	เนื้อโคขุนเกรด 3 ตุ๋นยาจีน
55 °C เป็นเวลา 5 วัน			
Spore forming bacteria (log cfu/g)	ND[1]	ND	ND
Total plate count (log cfu/g)			
- Mesophilic aerobic bacteria	ND	ND	ND
- Thermophilic aerobic bacteria	ND	ND	ND
- Mesophilic anaerobic bacteria	ND	ND	ND
- Thermophilic anaerobic bacteria	ND	ND	ND
35 °C เป็นเวลา 15 วัน			
Spore forming bacteria(log cfu/g)	ND	ND	ND
Total plate count (log cfu/g)			
- Mesophilic aerobic bacteria	ND	ND	ND
- Thermophilic aerobic bacteria	ND	ND	ND
- Mesophilic anaerobic bacteria	ND	ND	ND
- Thermophilic anaerobic bacteria	ND	ND	ND

[1] ND = ตรวจไม่พบ

4.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ต่อคุณภาพเคมี – กายภาพ ชีวภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส

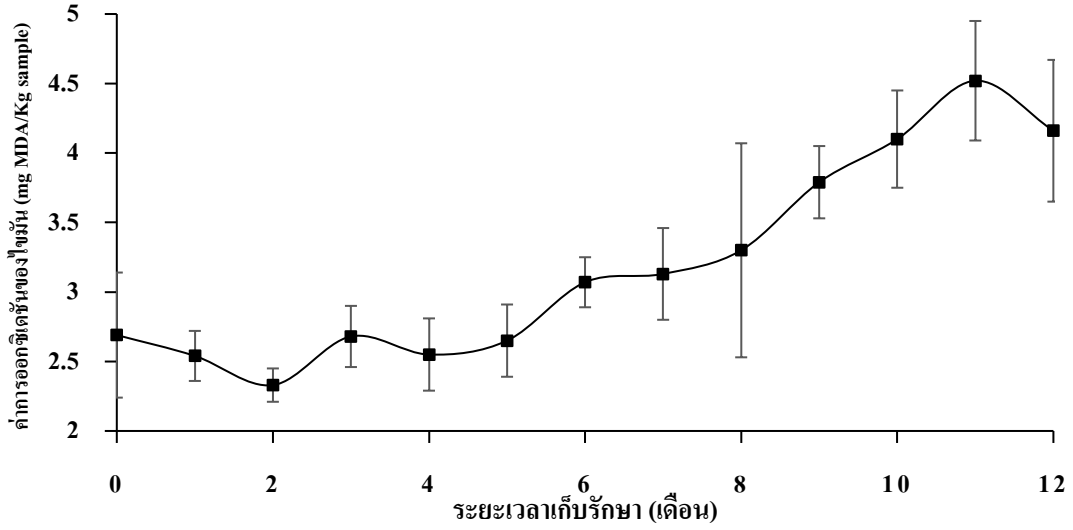
4.5.1 ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ต่อคุณภาพเคมี – กายภาพ โคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอรท์เพาซ์ โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติเป็นระยะเวลา 54 สัปดาห์ โดยทำการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาทดสอบทุกๆ 4 สัปดาห์ ให้ผลการประเมินคุณภาพทางเคมี - กายภาพ จุลินทรีย์ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา ดังต่อไปนี้

1) ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (ภาพที่ 4.2) พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 6.19 – 5.92 ซึ่งเดือนที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์เดือนที่ 10 มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด สาเหตุอาจเนื่องมาจากโปรตีนเกิดการเสียสภาพทางธรรมชาติและปลดปล่อยกรดอะมิโนอิสระออกมา (Devadason *et al*. 2013) ซึ่งผลสอดคล้องกับ Girish *et al*. (2018) ศึกษาแกงเนื้อหมูบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์พบว่าเมื่อระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (0 - 6 เดือน) ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงจาก 6.88 – 5.17 ตามลำดับ อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Rajkumar *et al*. (2010) ศึกษาแกงแพะในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ และ Rajan *et al*. (2014) ศึกษาแกงเนื้อไก่ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นานขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง



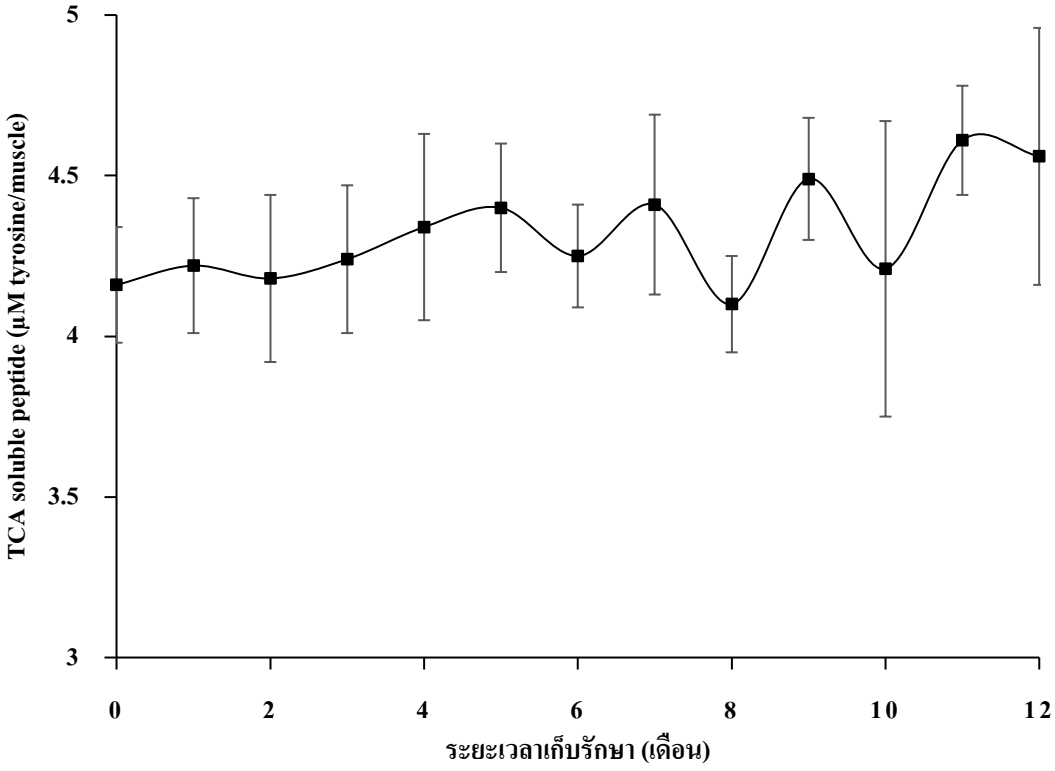
ภาพที่ 4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

2) ค่าการออกซิเดชันของไขมัน ด้วยเทคนิค TBARS ของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (ภาพที่ 4.3) พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) ซึ่งระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีค่าออกซิเดชันของไขมันอยู่ในช่วง 2.33 – 4.52 มิลลิกรัม MDA/กิโลกรัมตัวอย่าง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เดือน 11 มีค่าการออกซิเดชันของไขมันมากที่สุด ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Park *et al.* (2018) ที่กล่าวว่าการออกซิเดชันของไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ยิ่งอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นมากเพียงใดปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมันก็จะสูงขึ้นตาม และการศึกษาค่าการออกซิเดชันของไขมันของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Rajkumar *et al.* (2010) ที่กล่าวว่าการเพิ่มขึ้นของค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์แกงเนื้อแพะที่บรรจุถุงรีทอร์ทนั้นเป็นผลมาจากออกซิเจนที่หลงเหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากถุงบรรจุภัณฑ์ไม่ได้ปิดผนึกสุญญากาศทำให้มีออกซิเจนหลงเหลืออยู่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ ส่งผลให้ค่าการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Devadason *et al.* (2010) ในผลิตภัณฑ์เนื้อควายขึ้นรูปที่บรรจุถุงรีทอร์ท และ Rajan *et al.* (2014) ในผลิตภัณฑ์แกงไก่ที่บรรจุถุงรีทอร์ท



ภาพที่ 4.3 ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

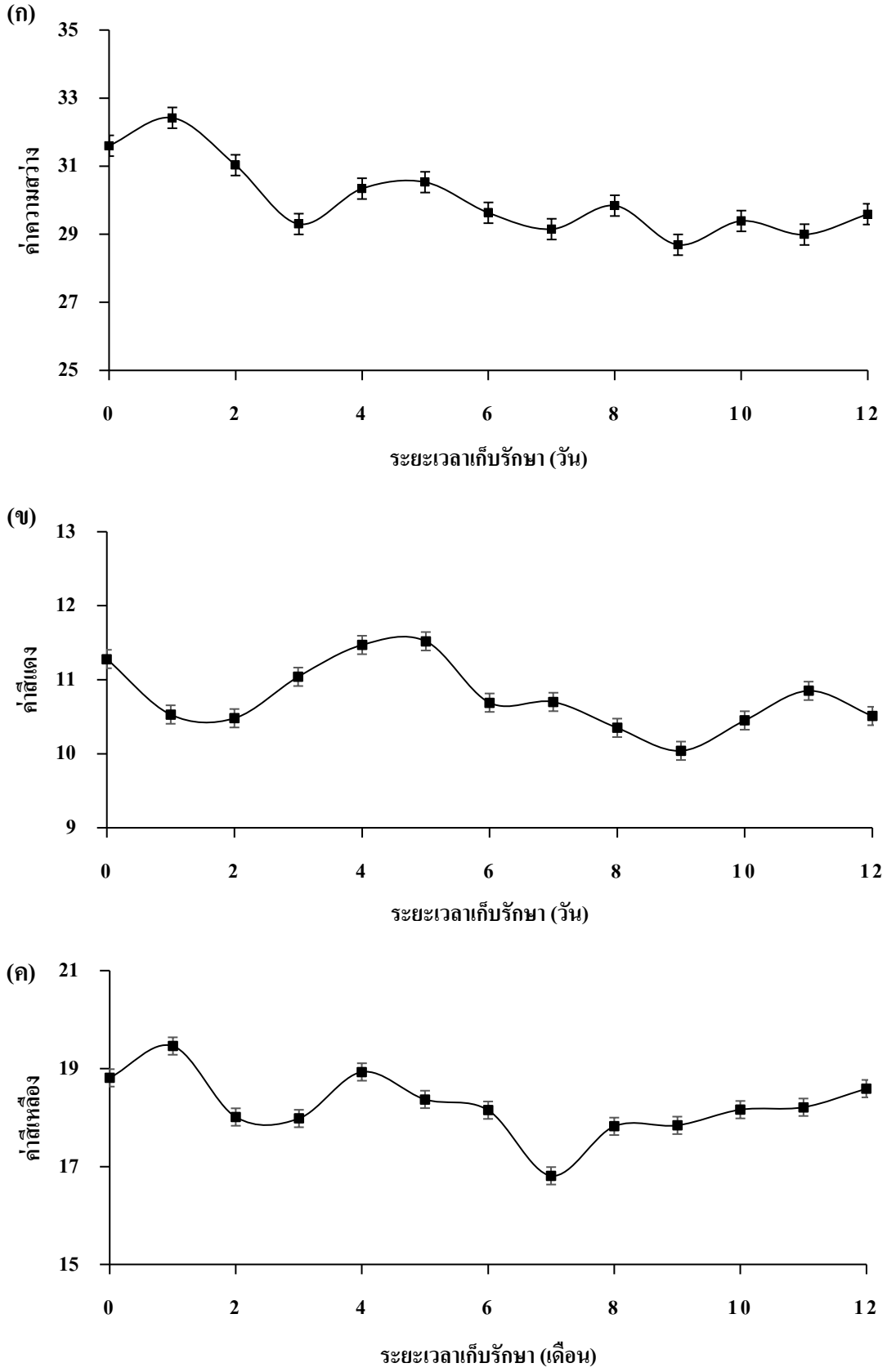
3) ค่า TCA – Soluble peptide ของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (ภาพที่ 4.4) โดยวันแรกของการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ 4.16 µM tyrosine / muscle ต่อมาพบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นานขึ้นส่งผลต่อค่าการย่อยสลายโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มีค่าการย่อยสลายโปรตีนอยู่ในช่วง 4.16 – 4.56 µM tyrosine / muscle ซึ่งระยะเวลาในการรักษาผลิตภัณฑ์เดือนที่ 12 มีค่าการย่อยสลายโปรตีนมากที่สุด จากการทบทวนวรรณกรรม Pearson (1968) กล่าวว่าค่าไทโรซีนที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นผลมาจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโน (Deamination) จนถึงระดับที่เกิดการก่อตัวเป็นกรดอะมิโนอิสระ และจากการศึกษาค่าการย่อยสลายโปรตีนด้วยเทคนิค TCA – soluble peptides ของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ให้ผลไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Devadason *et al.* (2010) ในผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปเนื้อควายในบรรจุถุงรีทอร์ท Rajkumar *et al.* (2010) ในผลิตภัณฑ์แกงแพะบรรจุถุงรีทอร์ท และ Kulkarni *et al*. (1993) ในผลิตภัณฑ์แพ็ตตี้เนื้อควายบรรจุถุงรีทอร์ท ที่ค่าไทโรซีนเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเช่นกัน



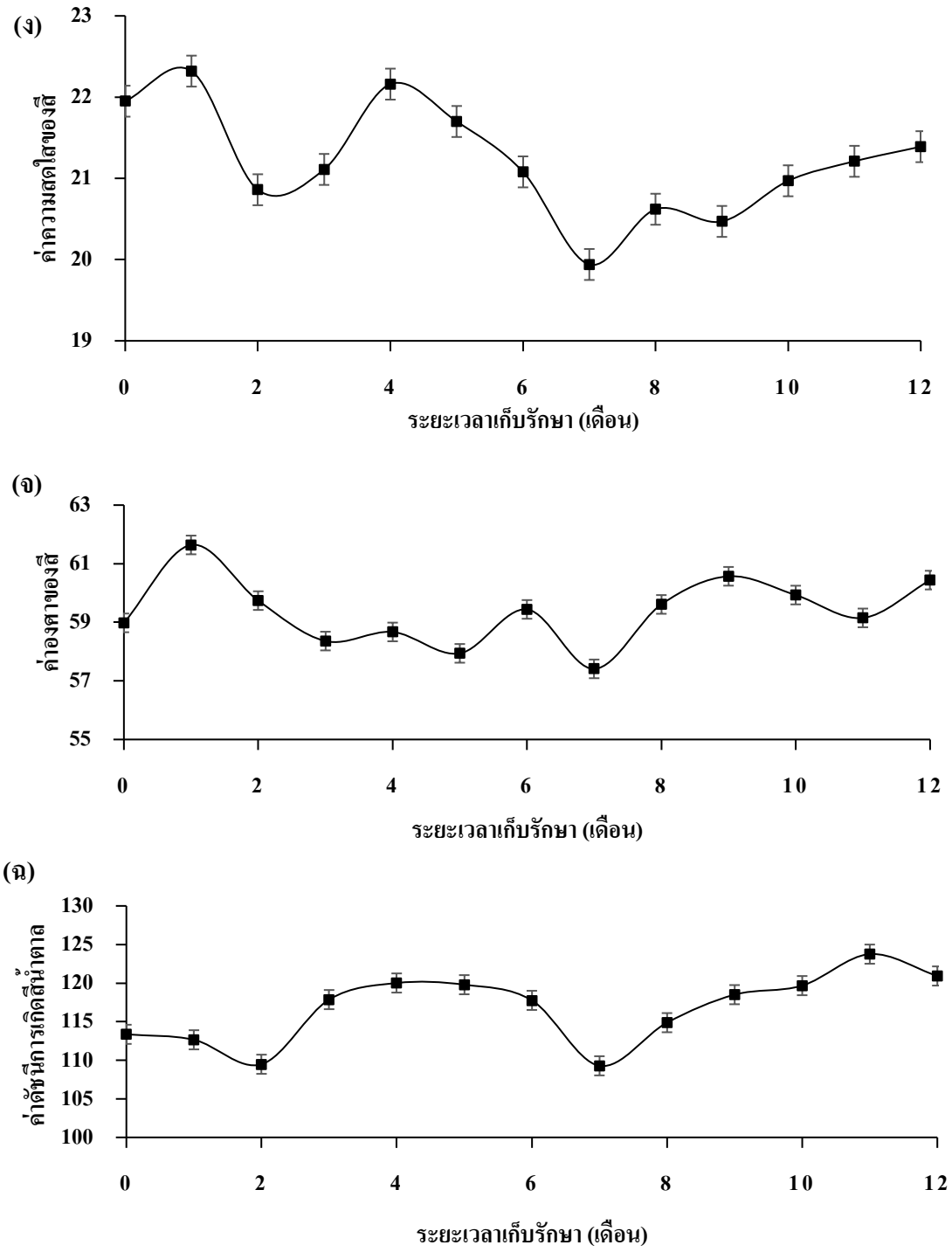
ภาพที่ 4.4 ค่าการย่อยสลายโปรตีนกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค TCA – soluble peptide ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

4) การศึกษาค่าสี (ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีเหลือง ค่าความสดใสของสี ค่าองศาของสี และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ภาพที่ 4.5 และ 4.6 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสว่างลดลง ($P<0.05$) โดยค่าความสว่างอยู่ในช่วง 31.60 – 28.69 โดยค่าความสว่างต่ำสุดอยู่ที่เดือนที่ 9 และ 11 ผลของค่าความสว่างจะลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาในช่วงกลางวันจะมีความร้อนที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งปริมาณความชื้นในอาหารสูงซึ่งสามารถเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction) โดยความร้อนจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น (Eichner and Wolf. 1983) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ หมี่โคราชรสซอสเห็ดหอมพร้อมปรุง ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงของค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษาโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 21.25 – 16.85 (วราณี หวังถวัลย์. 2557) ทางด้านค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีเหลือง ค่าความสดใสของสี ค่าองศาของสี และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

5) ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ได้แก่ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะรวมตัว ค่าความเหนียวคล้ายยาง ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวได้ (ภาพที่ 4.7) พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่าความแข็ง และค่าการเกาะรวมตัว ($P<0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งต่ำลง โดยที่ค่าความแข็งมีค่าอยู่ในช่วง 5.76 – 3.53 N ซึ่งระยะเวลารักษาของผลิตภัณฑ์เดือนที่ 7 8 และ 9 มีค่าความแข็งต่ำที่สุด ทางด้านค่าการเกาะรวมตัว พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการเกาะรวมตัวเพิ่มขึ้น โดยที่ค่า การเกาะรวมตัวมีค่าอยู่ในช่วง 0.46 – 0.54 ratio ซึ่งระยะเวลารักษาของผลิตภัณฑ์เดือนที่ 12 มีค่า การเกาะรวมตัวสูงที่สุด ทั้งนี้เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ค่าการยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ($P<0.07$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความเหนียวคล้ายยาง และค่าการเคี้ยวได้ ($P>0.05$) จากผลการทดลองสอดคล้องกับ พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และคณะ (2557) ศึกษาผลของสายพันธุ์ไก่และระดับการสเตอริไลซ์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอและพร้อมบริโภคในรีทอร์ทเพาซ์ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลกระทบต่อค่าความยืดหยุ่นของไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อส่วนอกของไก่ตะนาวศรีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวของผลิตภัณฑ์ไก่กอและที่เตรียมจากไก่ทั้งสองสายพันธุ์มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

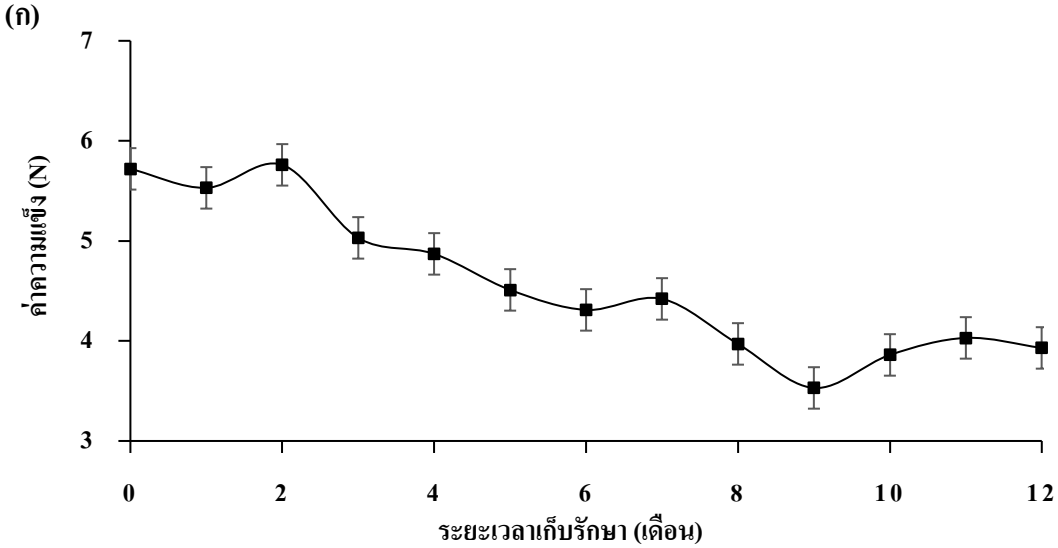


ภาพที่ 4.5 ค่าความสว่าง (ก) ค่าสีแดง (ข) และค่าสีเหลือง (ค) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

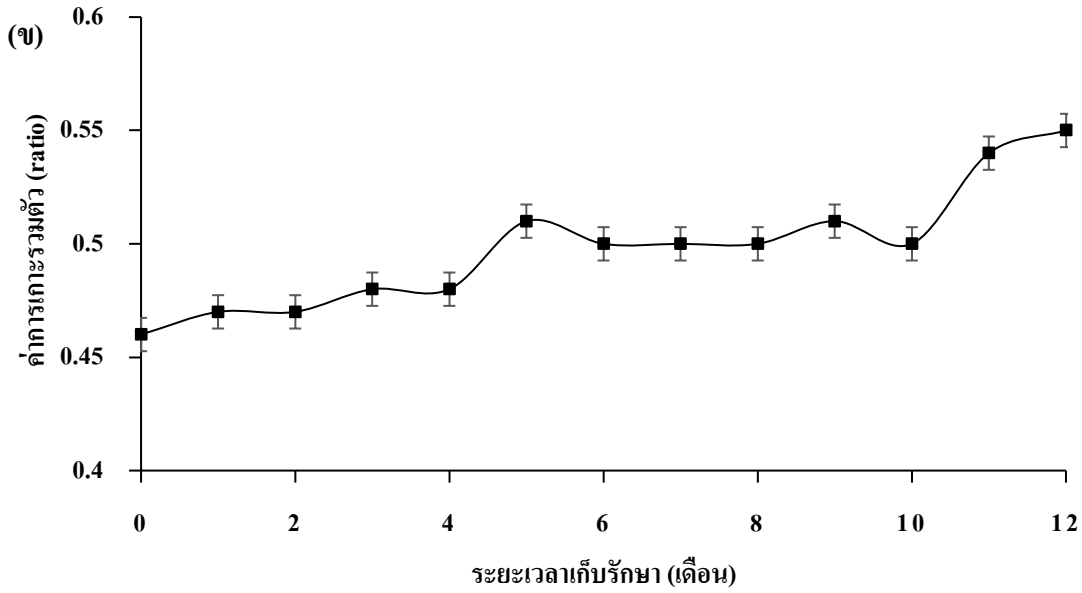


ภาพที่ 4.6 ค่าความสดใสของสี (ง) ค่าองศาของสี (จ) และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (ฉ) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

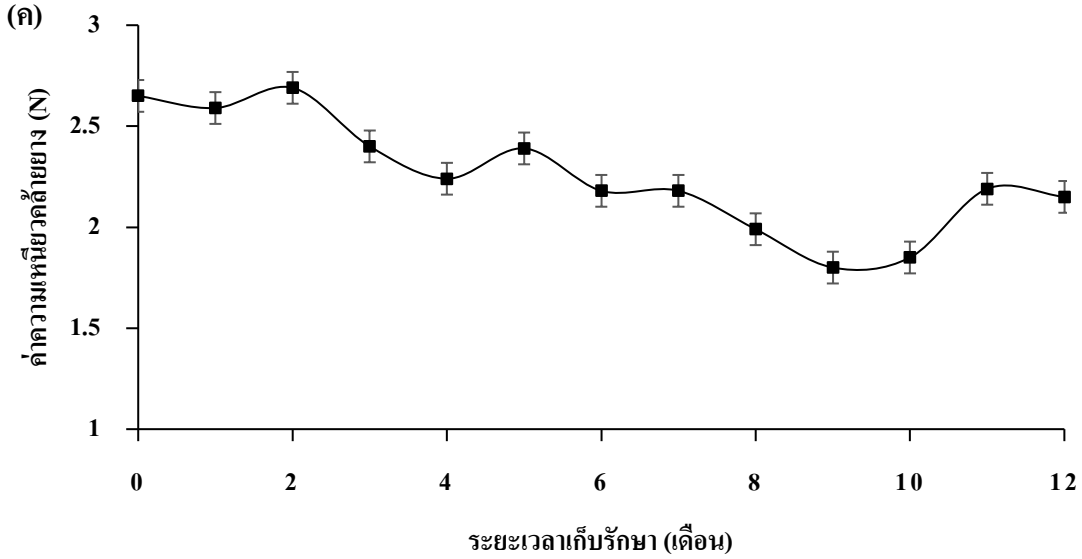
(ก)

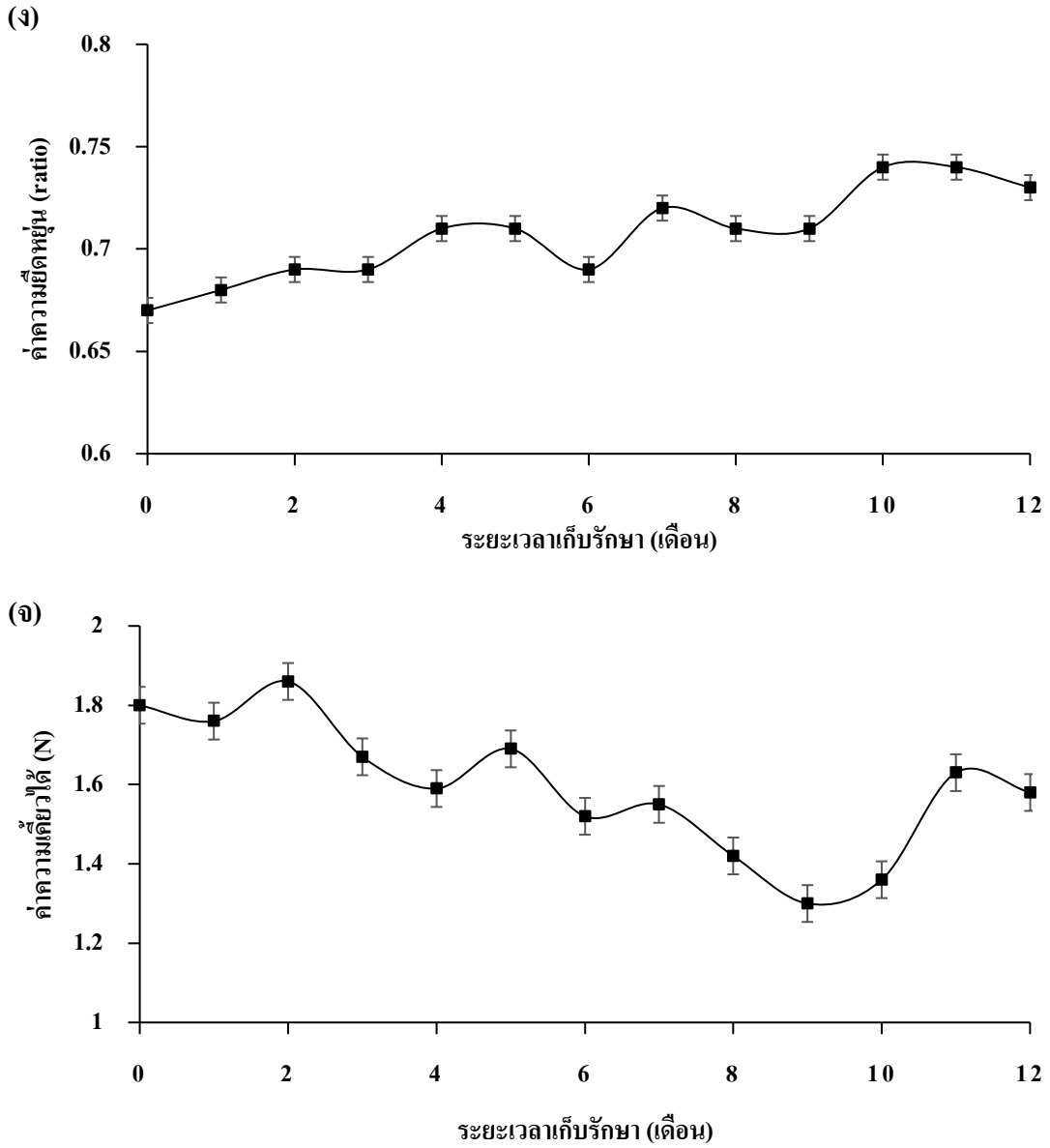

ค่าความแข็ง (N)
7
6
5
4
3
0
2
4
6
8
10
12
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)

(ข)


ค่าการเกาะรวมตัว (ratio)
0.6
0.55
0.5
0.45
0.4
0
2
4
6
8
10
12
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)

(ค)

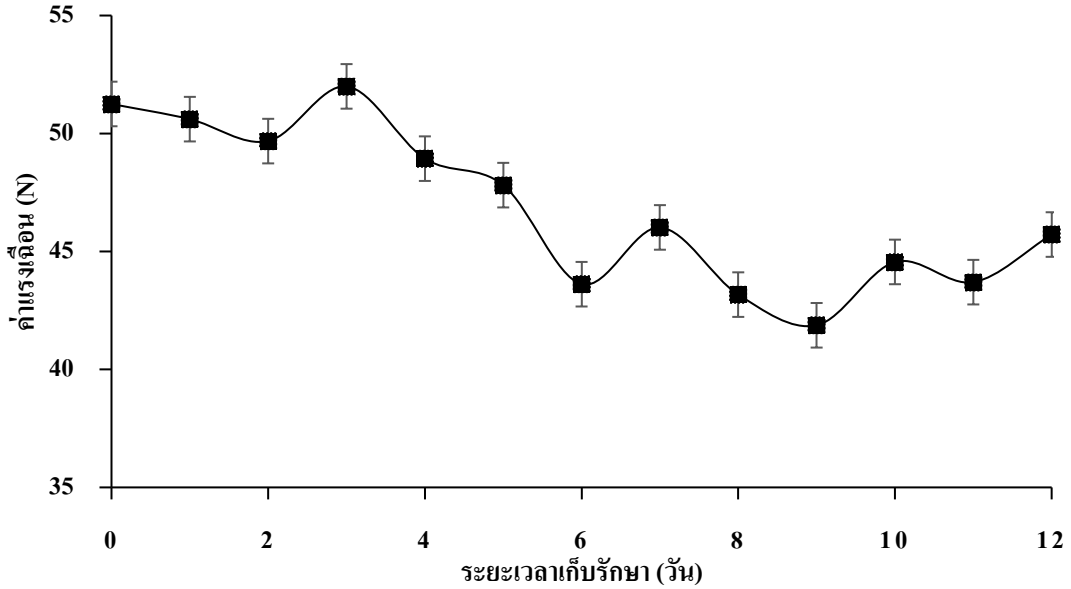

ค่าความเหนียวคล้ายยาง (N)
3
2.5
2
1.5
1
0
2
4
6
8
10
12
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)



ภาพที่ 4.7 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมได้แก่ ค่า ค่าความแข็ง (ก) ค่าการเกาะรวมตัว (ข) ค่าความเหนียวคล้ายยาง (ค) ค่าความยืดหยุ่น (ง) และ ค่าความเคี้ยวได้ (จ) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

6) ค่าแรงเฉือน (Shear force) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสะโพกโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (ภาพที่ 4.8) พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าแรงเฉือนมีค่าต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าแรงเฉือนตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง 52.04 – 41.85 N ระยะเวลาในการเก็บรักษาเดือนที่ 9 มีค่าแรงเฉือนต่ำที่สุด สาเหตุที่ค่าแรงเฉือนลดลงอาจเนื่องมาจากผลของการเกิดการย่อยสลายของโปรตีนเป็น เปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์ (Spanier *et al*. 1992) ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการทดลองทางด้านเคมีในการหาค่า TCA – soluble peptide พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มของค่า TCA – soluble

peptide เพิ่มมากขึ้น ผลการศึกษาดังกล่าวยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shah *et al.* (2017) ทำการศึกษาแกงอินเดียจากเนื้อวัว พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าแรงเฉือนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4.8 ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

4.5.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ด้านคุณภาพทางชีวภาพ

1) การทดสอบความปราศจากเชื้อ (Sterility test) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์โดยสุ่มตัวอย่างถุงทุกๆ 4 สัปดาห์ มาบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน และบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่าบรรจุภัณฑ์ภายนอกปกติ ไม่พบการบวมของบรรจุภัณฑ์ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบคุณภาพทางชีวภาพ พบว่าตรวจไม่พบการเจริญของสปอร์และจุลินทรีย์ และไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลางทั้งที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ รวมถึงไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงทั้งที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ

2) คุณภาพทางชีวภาพของเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ โดยทำการตรวจหาจำนวนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสีย และก่อโรค ทุกเดือนเป็นระยะเวลา 12 เดือน โดยตรวจหาจุลินทรีย์ดังต่อไปนี้ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลางทั้งที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงทั้งที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ ยีสต์ และรา, *S. aureus Salmonella* spp. Flat sour bacteria *C. perfringens C. botulinum* Coliform และ *E. coli* ผลการทดลองปรากฏว่า ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ต่างๆ ตลอดอายุการเก็บรักษา 12 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับ

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 (พ.ศ. 2556) เรื่องอาหารนาชนะบรรจุที่ปิดสนิท และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 364 (พ.ศ. 2556) เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ที่ระบุว่า อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ซึ่งมีค่าพีเอชมากกว่า 4.6 หรืออาหารกรดต่ำต้องตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้ให้เกิดโรค และไม่มีจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ

4.5.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ด้านการประเมินทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส จากผลการทดลองทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมของเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (ตารางที่ 4.13) พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มีผลต่อความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมทางด้านกลิ่นเครื่องเทศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้กลิ่นเครื่องเทศของผลิตภัณฑ์อ่อนลงแต่ก็อยู่ในเกณฑ์แตกต่างเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมโดยเมื่อเดือนที่ 7 ผู้ทดสอบสามารถรับรู้ถึงกลิ่นเครื่องเทศที่ลดลง ($P<0.05$)

จากผลการทดลองการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อโคคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ผลปรากฏว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ค่าความเป็นกรด - ด่าง ค่าการออกซิเดชันของไขมัน และค่าการย่อยสลายโปรตีน ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ต่ำลงทำให้มีสีคล้ำขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่ามีค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัว และค่าแรงเฉือนลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ส่วนค่าลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่ากลิ่นเครื่องเทศ มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยในช่วงท้ายของการเก็บรักษา แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 12 เดือน โดยปราศจากการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เสื่อมเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรค

ตารางที่ 4.13 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 เดือน

เดือน	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นเครื่องเทศ	ลักษณะเนื้อสัมผัส
1	0.35±0.23[1]	0.15±0.23	0.32±0.48[f, 2]	0.82±0.86
2	0.42±0.40	0.22±0.40	0.58±0.62[def]	0.78±0.45
3	0.38±0.42	0.33±0.41	0.60±0.69[def]	0.65±0.49
4	0.47±0.41	0.23±0.36	0.50±0.39[ef]	0.82±0.58
5	0.38±0.53	0.22±0.38	0.70±0.58[cdef]	0.78±0.73
6	0.35±0.43	0.35±0.39	0.72±0.68[cdef]	0.80±0.43
7	0.47±0.45	0.32±0.40	0.95±0.92[abcd]	0.92±0.51
8	0.43±0.57	0.33±0.37	0.73±0.50[cde]	1.02±0.66
9	0.37±0.56	0.37±0.52	0.90±0.84[bcde]	0.87±0.56
10	0.23±0.40	0.23±0.40	1.07±0.69[abc]	0.68±0.71
11	0.52±0.98	0.27±0.40	1.27±0.84[ab]	1.00±0.60
12	0.38±0.56	0.28±0.38	1.30±0.87[a]	1.15±0.51
P - value	0.828	0.553	0.001	0.073

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.6 การทดลองที่ 6 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีน ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

4.6.1 การวิเคราะห์หาค่าพลังงาน ปริมาณสารอาหารที่ต้องการในชีวิตประจำวัน ปริมาณวิตามิน และปริมาณสารอาหารที่ต้องระวัง เช่น โซเดียม น้ำตาล และไขมัน ในผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุรีทอร์ทเพาซ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและฉลากโภชนาการและฉลากโภชนาการของเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ แสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15 พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีค่าเท่ากับ 32 5 และ 7 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคตามลำดับ เมื่อคิดเป็นค่าพลังงานที่จะได้รับต่อหนึ่งหน่วยบริโภคมีค่าเท่ากับ 201 กิโลแคลอรี่ โดยเป็นพลังงานจากโปรตีนเท่ากับ 128 กิโลแคลอรี่ พลังงานจากไขมันเท่ากับ 45 กิโลแคลอรี่ และพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 28 กิโลแคลอรี่

(ซึ่งคิดโดย พลังงานจากโปรตีนเท่ากับ 4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม พลังงานจากไขมันเท่ากับ 9 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม และพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม) ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหัฐ (2561) ที่รายงานผลิตภัณฑ์สตูว์เนื้อโคบรรจุกระป๋องว่ามีพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 194 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (196 กรัม) โดยเป็นพลังงานจาก ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน เท่ากับ 97.2 61.6 และ 34.56 กิโลแคลอรี่ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์จะให้พลังงานจากไขมันเป็นหลัก ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เนื้อโคคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณพลังงานจากโปรตีนเป็นหลัก

นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 65.53 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 15 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน ซึ่งมีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์สตูว์เนื้อโคบรรจุกระป๋องซึ่งมีปริมาณแคลเซียมเพียง 12 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเท่านั้น (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐ. 2561)

อย่างไรก็ตามปริมาณสารอาหารที่ควรระมัดระวังในการบริโภคเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ก็คือ โคเลสเตอรอล และโซเดียมโดยพบปริมาณโคเลสเตอรอลต่อหนึ่งหน่วยบริโภคเท่ากับ 90 มิลลิกรัม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน ถ้าบริโภคอาหารที่มีคอเลสเตอรอลมากกว่าวันละ 300 มิลลิกรัม จะส่งผลให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูง อาจเป็นสาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ (สำนักโภชนาการ. 2557) นอกจากนี้ยังพบปริมาณโซเดียมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค เท่ากับ 1,130 มิลลิกรัม คิดเป็นร้อยละ 56 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน ถ้าบริโภคโซเดียมเกินปริมาณที่แนะนำให้ได้รับต่อวันจะส่งผลให้เกิด ภาวะโซเดียมเกิน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการเกิดโรคความดันโลหิตสูงทำให้ไตทำงานหนักขึ้น เนื่องจากต้องกรองโซเดียมและน้ำส่วนที่เกินออกจากร่างกาย (สำนักโรคไม่ติดต่อ. 2556) ดังนั้นจึงควรบริโภคเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์วันละ 1 หน่วยบริโภค เพื่อหลีกเลี่ยงการบริโภคโซเดียมเกินปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวันของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยระบุไว้ว่าไม่ควรบริโภคโซเดียมเกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน

ตารางที่ 4.14 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

ลักษณะที่ศึกษา	ต่อ 100 กรัม	ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	% RDI
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี่)	102.09	200	10
พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี่)	22.05	45	7.5[3]
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	2.45	5	8
ไขมันอิ่มตัว (กรัม	1.01	2	10
โคเลสเตอรอล (กรัม)	46.85	90	30
โปรตีน (กรัม)	16.57	32	-[5]
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	3.44	7	2
ใยอาหาร (กรัม)	ND[2]	0	0
น้ำตาล (กรัม)	3.44	7	22[4]
โซเดียม (มิลลิกรัม)	581.11	1,130	56
วิตามินเอ (ไมโครกรัม)	ND	0.00	0
วิตามินบี1 (มิลลิกรัม)	<0.030	0.00	0
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.030	0.06	4
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	65.53	127.78	15
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.66	3.24	20
เถ้า (กรัม)	1.81	3.53	-
ความชื้น (กรัม)	75.73	147.67	-

[1]RDI (Recommended Daily Allowance) = ปริมาณร้อยละสารอาหารที่แนะนำให้บริ๓คประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป

[2]ND = Not Detected

[3]คิดจากร้อยละ 30 ของพลังงานที่ร่างกายควรได้รับในแต่ละวัน (2,000 กิโลแคลอรี่)

[4]คิดจากไม่ควรบริโภคเกินร้อยละ 32 กรัมต่อวัน

[5]- = ไม่มีกำหนดในการบริโภค

ตารางที่ 4.15 ฉลากโภชนาการฉบับภาษาไทยของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

ข้อมูลโภชนาการ			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1/2 ถุง (195 กรัม)			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อถุง : 2			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด 200 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 45 กิโลแคลอรี)			
			ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*
ไขมันทั้งหมด	5 กรัม		8%
ไขมันอิ่มตัว	2 กรัม		10%
โคเลสเตอรอล	90 มิลลิกรัม		30%
โปรตีน	32 กรัม		
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	7 กรัม		2%
ใยอาหาร	0 กรัม		0%
น้ำตาล	7 กรัม		
โซเดียม	1130 มิลลิกรัม		56%
	ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*		
วิตามินเอ	0%	วิตามินบี 1	0%
วิตามินบี 2	4%	แคลเซียม	15%
เหล็ก	20%		
* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า		65 กรัม
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า		20 กรัม
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า		300 มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด			300 กรัม
ใยอาหาร			25 กรัม
โซเดียม	น้อยกว่า		2000 มิลลิกรัม
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน =9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4			

4.6.2 การวิเคราะห์หาสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ องค์ประกอบของกรดไขมันและกรดอะมิโน

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน ในเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ โดยการส่งวิเคราะห์ ณ สถาบันอาหาร (ตารางที่ 4.16) พบว่าเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ มีปริมาณไขมันทั้งหมดเท่ากับ 3.36 กรัมต่อ 100 กรัม ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid) มีค่าเท่ากับ 1.27 1.63 และ 0.07 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไปซึ่งพบว่าปริมาณไขมันทั้งหมด และปริมาณไขมันอิ่มตัวไม่เกิน 65 และ 20 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และยังไม่พบปริมาณของไขมันทรานส์ (Trans fat) ซึ่งไขมันดังกล่าว อาจทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจได้ ทั้งนี้จากการรายงานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐ (2561) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์สตูว์เนื้อโคบรรจุกระป๋องพบว่ามีปริมาณ กรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน เท่ากับ 2.18 2.54 และ 0.251 กรัม ต่อ 100 กรัม ในการศึกษาครั้งนี้ผลิตภัณฑ์เนื้อโคตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีปริมาณกรดไขมันน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวที่พบในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กรดปาลมิโตเลอิก (Palmitoleic acid) และ กรดโอเลอิก (Oleic acid) พบในปริมาณ 0.19 และ 1.44 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้กรดปาลมิโตเลอิกช่วยเผาผลาญโคเลสเตอรอลและการแข็งตัวของเลือด ยับยั้งการตายของเบต้าเซลล์ ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นต่ำ และเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นสูงได้ (Morgan and Dhayal. 2010; Mozaffarian *et al*. 2010; Yang *et al.* 2011) ได้ อีกทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่พบในผลิตภัณฑ์คือ กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) มีปริมาณ 0.07 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 ตำแหน่ง และเป็นกรดไขมันจำเป็นแก่ร่างกาย เนื่องจากร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545) นอกจากนี้กรดลิโนเลอิกมีประโยชน์ช่วยให้ร่างกายสามารถเผาผลาญไขมันอิ่มตัวได้ดียิ่งขึ้น รักษาสมดุลของระบบการแข็งตัวของเลือด และเสริมสร้างความแข็งแรงให้แก่ผนังหลอดเลือดและเยื่อหุ้มเซลล์ (Morel *et al.* 2013)

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนในเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ โดยการส่งวิเคราะห์ ณ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) ซึ่งกรดอะมิโนที่ตรวจพบในเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid) และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (Non-essential amino acid) (ตารางที่ 4.17) โดยกรดอะมิโนจำเป็นในเด็กมีทั้งหมด 9 ชนิด ซึ่งผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ พบปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น 8 ชนิด ดังต่อไปนี้ ฮิสทิดีน (Histidine) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ลิวซีน

(Leucine) ไลซีน (Lysine) เมไธโอนีน (Methionine) ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) ทรีโอนีน (Threonine) วาลีน (Valine) และ ทริปโตเฟน (Tryptophan) มีค่าเท่ากับ 543.22 628.67 1322.12 1393.26 409.41 656.86 740.37 755.20 และ <150 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ทั้งนี้กรดอะมิโนจำเป็น คือ กรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ มีหน้าที่สำคัญมากมาย อาทิ สังเคราะห์ฮอร์โมน ทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท ควบคุมการเจริญเติบโต และเผาผลาญอาหาร เป็นต้น โดยปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นที่ควรบริโภคต่อผู้ที่มีอายุมากกว่า 18 ปีขึ้นไป คือ ฮิสทิดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไธโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน วาลีน และ ทริปโตเฟน เท่ากับ 11 15 34 31 15 27 16 19 และ 4.0 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ (Trumbo *et al.* 2002) เมื่อนำปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นของผู้บริโภคที่มีอายุมากกว่า 18 ปี และมีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัมที่ควรได้รับต่อวันมาเปรียบเทียบกับกรดอะมิโนที่จะได้รับจากผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่าการรับประทานผลิตภัณฑ์เพียง 1 หน่วยบริโภคต่อมื้ออาหาร ผู้บริโภคจะได้รับปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นครึ่งหนึ่งของที่ร่างกายต้องการต่อวัน

อีกทั้งยังพบกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นในเนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ โดยมีปริมาณของกรดกลูตามิก (Glutamic acid) มากที่สุด รองลงมาคือ กรดแอสพาร์ติก (Aspartic acid) แอลานีน (Alanine) ไกลซีน (Glycine) ซีรีน (Serine) โพรลีน (Proline) และ ไทโรซีน (Tyrosine) มีปริมาณเท่ากับ 3975.15 1693.22 949.52 805.34 692.92 614.51 และ 518.24 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น คือกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ หากไม่เพียงพอจึงจะต้องการเพิ่มจากอาหาร (Trumbo *et al.* 2002)

ตารางที่ 4.16 องค์ประกอบของกรดไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

องค์ประกอบของกรดไขมัน	เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีน	LOD[1]	LOQ[2]
กรดไขมันอิ่มตัว (กรัมต่อ 100 กรัม)	1.27		
- กรดบิวทิริก (C4:0)	ND[3]	0.02	0.04
- กรดคาโพรอิก (C6:0)	ND	0.02	0.04
- กรดคาโพรลิก (C8:0)	ND	0.02	0.04
- กรดคาพริก (C10:0)	ND	0.02	0.04
- กรดอันดีไซลีนิก (C11:0)	ND	0.02	0.04
- กรดลอริก (C12:0)	ND	0.02	0.04
- กรดไทรดิคาโนอิก (C13:0)	ND	0.02	0.04
- กรดไมริสติก (C14:0)	0.11	0.02	0.04
- กรดเพนตะเดคาโนอิก (C15:0)	ND	0.02	0.04
- ปาลมิติก (C16:0)	0.80	0.02	0.04
- กรดเฮปตะเดคาโนอิก (C17:0)	<LOQ	0.02	0.04
- สเตียริก (C18:0)	0.36	0.02	0.04
- กรดอะราคิโดนิก (C20:0)	ND	0.02	0.04
- กรดเฮเนอิกโอซาโนอิก (C21:0)	ND	0.02	0.04
- กรดเบฮินิก (C22:0)	ND	0.02	0.04
- กรดไทรโคซาโนอิก (C23:0)	ND	0.02	0.04
- กรดลิกโนซีริก (C24:0)	ND	0.02	0.04
กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (กรัมต่อ 100 กรัม)	1.63		
- กรดไมริสโตเลอิก (C14:1)	<LOQ	0.02	0.04
- กรดเพนตะเดซีโนอิก (C15:1)	ND	0.02	0.04
- กรดปาล์มิโตเลอิก (C16:1)	0.19	0.02	0.04
- กรดเฮปะเดซิโนอิก (C17:1)	<LOQ	0.02	0.04
- กรดโอเลอิก (C18:1, Omega-9)	1.44	0.02	0.04
- กรดอีโคซีโนอิก (C20:1, Omega-9)	ND	0.02	0.04
- กรดอีซูริก (C22:1, Omega-9)	ND	0.02	0.04
- กรดเนอโวนิก (C24:1, Omega-9)	ND	0.02	0.04

[1]LOD (limit of detection) = ปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจพบได้

[2]LOQ (limit of quantitation) = ปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจหาค่าได้เชิงปริมาณ

[3]ND = Not detect

ตารางที่ 4.16 องค์ประกอบของกรดไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (ต่อ)

องค์ประกอบของกรดไขมัน	เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีน	LOD[1]	LOQ[2]
กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (กรัมต่อ 100 กรัม)	0.07	0.02	0.04
- กรดลิโนเลไลดิก (C18:2 trans)	ND[3]	0.02	0.04
- กรดลิโนเลอิก (C18:2, Omega-6)	0.07	0.02	0.04
- กรดแกมมาไลโนเลนิก (C18:3, Omega-6)	ND	0.02	0.04
- กรดลิโนเลนิก (C18:3, ALA, Omega-3)	ND	0.02	0.04
- กรดอีโคซีโนอิก (C20:2, Omega-6)	ND	0.02	0.04
- ซิส- 8, 11, 14-อีโคซาไทรโนอิก (C20:3, Omega-6)	ND	0.02	0.04
- กรดอีโคซาไทรโนอิก (C20:3, Omega-3)	ND	0.02	0.04
- กรดอะราคิโดนิก (C20:4, ARA, Omega-6)	<LOQ	0.02	0.04
- กรดโดโคซาไดอีโนอิก (C20:4, ARA, Omega-6)	ND	0.02	0.04
- กรดโดโคซาเฮกซะอีโนอิก (C22:6, DHA, Omega-3)	ND	0.02	0.04
- กรดอิโคซะเพนตะอีโนอิก (C20:5, EPA, Omega-3)	ND	0.02	0.04

[1]LOD (limit of detection) = ปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจพบได้

[2]LOQ (limit of quantitation) = ปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจหาค่าได้เชิงปริมาณ

[3]ND = Not detect

ตารางที่ 4.17 องค์ประกอบของกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

องค์ประกอบของอะมิโน	เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีน	LOD[1]
กรดอะมิโนจำเป็น (กรัมต่อ 100 กรัม)		
- อาร์จินีน	996.92	-
- ฮิสติดีน	543.22	-
- ไฮดรอกซีไลซีน	ND[2]	100.00
- ไอโซลิวซีน	628.67	-
- ลิวซีน	1322.12	-
- ไลซีน	1393.26	-
- เมไธโอนีน	409.41	-
- ฟีนิวลาลานีน	656.86	-
- ทริโอนีน	740.37	-
- วาลีน	755.20	-
- ทริปโตเฟน	<150.00	-
กรดอะมิโนไม่จำเป็นจำเป็น (กรัมต่อ 100 กรัม)		
- อะลานีน	949.52	-
- กรดแอสพาติก	1693.22	-
- ซีสทีน	ND[2]	-
- กรดกลูตามิก	3975.15	-
- ไกลซีน	805.34	-
- ไฮดรอกซีโพรลีน	ND	-
- โพรลีน	649.02	-
- ซีรีน	692.92	-
- ไทโรซีน	541.06	-

[1]LOD (Limit of detection) = ปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจพบได้

[2]ND = Not detect

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาคุณภาพทางเคมี - กายภาพ และจุลินทรีย์ของเนื้อโคขุนคัดทิ้ง เนื้อโคขุนที่ได้จากซากโคที่มีระดับไขมันแทรก 2 และ 3 มีลักษณะที่ไม่แตกต่างกันมาก โดยเนื้อโคขุนคัดทิ้งมีค่าแรงเฉือนมากที่สุด และเนื้อโคขุนทั้ง 3 ชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกัน อีกทั้งคุณภาพด้านจุลินทรีย์ ของเนื้อโคขุนคัดทิ้งมีปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานเนื้อโค มกอช 6001-2547 และเครื่องยาจีนมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผงพะโล้ มผช. 678/2547

การปรับปรุงสูตรเนื้อโคตุ๋นยาจีน พบว่า การเติมความเข้มข้นของซอสที่ระดับร้อยละ 6.5 ต่อปริมาตร ความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 8.5 ต่อปริมาตร และระยะเวลาในการตุ๋น 2 ชั่วโมง ทำให้มีค่าความแข็ง และค่าแรงเฉือนต่ำที่สุด รวมถึงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีค่าคะแนนความชอบทางด้าน ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม สูงที่สุดเมื่อใช้ระยะเวลาในการตุ๋น 2 ชั่วโมง

ส่วนการออกแบบกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ พบว่า ภาชนะบรรจุ (ถุงรีทอร์ท) ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์คือ ถุงอลูมิเนียมฟลอยด์ที่มีขนาด 14x18 เซนติเมตร และทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ในอัตราส่วนน้ำซุป : เนื้อ เท่ากับ 1.5 : 1 ซึ่งจะทำให้มีค่าพื้นที่ระหว่างอาหารที่บรรจุในการปิดผนึกถุงรีทอร์ทเพาซ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 6 และไม่เกินร้อยละ 10 ตามกฎการปฏิบัติของหน่วยงานกำกับดูแลความปลอดภัยด้านอาหารของประเทศแคนาดา (2545) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปฆ่าเชื้อเชิงการค้าที่มีค่าระยะเวลาการฆ่าเชื้อเท่ากับ 10 นาที (F_0 = 10 นาที) พบว่า มีค่าคะแนนความชอบทางด้านลักษณะทางเนื้อสัมผัส กลิ่นเครื่องเทศ และความชอบโดยรวมดีที่สุด ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมและค่าแรงเฉือน ทางด้านคุณภาพทางจุลินทรีย์ และการตรวจสอบการปลอดเชื้อพบว่าไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ในทุกระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ

ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์โคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่มีระดับไขมันแทรกต่างกัน พบว่าเนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์มีค่าแรงเฉือน และค่าความแข็ง ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับความชอบทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะเนื้อสัมผัส รวมถึงด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนที่มีไขมันแทรกระดับ 2 และ 3 ตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

การศึกษาสภาวะการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ค่าความแข็ง ค่ายึดเกาะภายในชิ้นเนื้อ ค่าแรงเฉือน และค่าความเป็นกรด – ด่างลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และมีค่าการออกซิเดชันของไขมันและค่าการย่อยสลายของโปรตีนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา

ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่ากลิ่นเครื่องเทศและลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างไปจากตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย

ทางด้านวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ พบว่า หนึ่งหน่วยบริโภค มีค่าปริมาณพลังงานทั้งหมด 200 กิโลแคลอรี่ โดยเป็นพลังงานจากไขมันเพียง 45 กิโลแคลอรี่เท่านั้น และพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน โดยเฉพาะ ปาลมิโตเลอิก กรดโอเลอิก และกรดลิโนเลนิก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ดีมีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็นที่สำคัญต่อร่างกาย แต่อย่างไรก็ตาม ควรรับประทานวันละ 1 หน่วยบริโภค เนื่องจากมีโซเดียม และคอเลสเตอรอลค่อนข้างสูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

การทดลองนี้เป็นเพียงการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น ถ้าจะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตระดับอุตสาหกรรมควรทดลองเพิ่มเติม โดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเชิงการค้า อีกทั้งความชอบทางประสาทสัมผัสเป็นเพียงผู้บริโภคกลุ่มหนึ่งในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพียงเท่านั้น ควรทดสอบจากผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายหลักจริง อาทิ กลุ่มพนักงาน หรือนักท่องเที่ยว เป็นต้น เพื่อใช้ในการปรับปรุงสูตรเนื้อโคตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ให้เหมาะสมที่สุด

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. **การผลิตเนื้อโคคุณภาพ.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2553. **เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร.** กรุงเทพ : กระทรวงสาธารณสุข.

กองบริหารมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. **ผงพะโล้.** กรุงเทพมหานคร : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550**. การบรรจุอาหาร.** ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. บริษัท เอส.พี.เอ็ม การพิมพ์ จำกัด.

จีรวัฒน์ เหรียญอารีย์, สัมพันธ์ รอดศรี และ รัตนาภรณ์ มะโนกิจ. 2552. “อาหารไทยจากเนื้อโคไทย.” หน้า 45 – 64. **คุณค่าเนื้อโคไทย.** ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : Amarin printing and publishing public company limited.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552. **คุณค่าเนื้อโคไทย.** ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : Amarin printing and publishing public company limited.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์.** ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

ดนุพล จิรวรรณพันธุ์. 2549. “ห่อหมดปลาช่อนพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว.” วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิพาพร อยู่วิทยา. 2557. **การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหาร.** ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2551. **เคมีอาหาร**. ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โอเดียมสโตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2554. **หลักการวิเคราะห์อาหาร.** กรุงเทพมหานคร : โอเดียมสโตร์.

ผุสดี ตังวัชรินทร์. 2558. **จุลินทรีย์ในเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ.** ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด มีน เซอร์วิส ซัพพลาย.

พรพรรณ ชิวารักษ์, นฤมล วิลัยกรวจ และ สุภเวท มานิยม. 2550. “กระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเนื้อจระเข้ตุ๋นบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์” รายงานการวิจัย. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พฤกษา สวาทสุข. 2559. “ผลของเวลาการให้ความร้อนต่อลักษณะทางกายภาพของปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์”. **แก่นเกษตร.** 44 : 257 – 264.

พัชรินทร์ ภักดีฉนวน, ปิ่น จันจุฬา, ใบศรี สร้อยสน และ ประกายแก้ว ศุภอักษร. 2557. “ผลของสายพันธุ์ไก่และระดับการสเตอริไลส์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอและพร้อมบริโภคในรีทอร์ทเพาช์” รายงานการวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2563a. **Retot pouch.** [online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0473/retort-pouch-รีทอร์ทเพาซ์

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2563b. **Retot pouch.** [online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1952/ice-crystal-formation-การเกิดผลึกน้ำแข็ง

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพมหานคร : เค.ยู.เพลส.

วราณี หวังถวัลย์. 2557. “การศึกษาดัชนีวัดการเสื่อมเสียและการทำนายอายุการเก็บรักษาอาหารไทยบางชนิด” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิภาวี สำแดง, ฑิฆัมพร ไม้เรียง, เบญจภรณ์ พิมพา และ สมหวัง เล็กจริง. 2558. **การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ดั่วกลิ้งและน้ำพริกเห็ดแครง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2551. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์.** ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : ธนบรรณการพิมพ์.

สาริตา มหศักดิ์สุนทร, สุชาดา มุกดา, จิรวัฒน์ กันต์เกรียงวงศ์ และ วรพจน์ สุนทรสุข. 2006. “การขยายอายุการเก็บหมูยอโดยการใช้รีทอร์ทเพาซ์”. **Thai Journal of Agricultural Science.** 37 : 309 – 312.

สุภาพร สิริมานุยุตต์ และ วลัย คลี่ฉายา. 2551. **การพัฒนาวิธีการเก็บรักษากุ้งขาวแช่เย็น**. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2557**. คู่มือสำหรับผู้ควบคุมการผลิตอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด.** ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกิจการโรงพิมพ์สงเคราะห์องค์การทหารผ่านศึก.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐ. 2562. **Beef, round, outside round, bottom round, steak, separable lean and fat, trimmed to fat, choice, raw.** [online]. Available : https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/172128/nutrients.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐ. 2561. **Beef stew, canned entree.** [online]. Available : https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173330/nutrients.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2547. **มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.** กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สำนักโภชนาการ. 2557. **คอเลสเตอรอลและกรดไขมันในอาหารไทย.** กรุงเทพมหานคร : กระทรวงสาธารณสุข

สำนักโรคไม่ติดต่อ . 2556. **รายงานผลการทบทวน รูปแบบการดำเนินงานป้องกันการเกิดโรคไม่ติดต่อในวิถีชีวิตด้วยการลดการบริโภคเกลือ.** กรุงเทพมหานคร : กระทรวงสาธารณสุข

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2562a. **กองทุน FTA ไฟเขียว 59.9 ล้านบาท พัฒนาโคเนื้อ-โคนม รองรับเปิดเสรีการค้าไทย-ออสเตรเลีย-นิวซีแลนด์.** [online]. Available : oae.go.th/view/1/รายละเอียดภาวะเศรษฐกิจการเกษตร/31453*/TH-TH

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2562b. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2562.** กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อทิตา คุณเจริญ. 2558. “การศึกษาความอยู่รอดของร้านสะดวกซื้อ FamilyMart กรณีศึกษาเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.” วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการธุรกิจทั่วไป คณะวิทยาลัยการจัดการ, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

A.O.A.C. 2016. Official Method of Analysis. 18th ed. Washington, DC. The Association of Official Analytical Chemist.

Aaslyng, M. D., Bejerholm, C., Ertbjerg, P., Bertram, H. C. and Andersen, H. J. 2003. “Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure.” **Food quality and preference.** 14 : 277-288.

Aberle, E. D. and Mills, E. W. 1983. “Recent advances in collagen biochemistry.” 125 – 135. in **36th Reciprocal meat conference.** Fargo, North Dakota.

Ansar Ali, A., Sudhir, B. and Srinivasa Gopal, T. K. 2006. “Effect of rotation on the heat penetration characteristics of thermally processed tuna in oil in retort pouches.” **International journal of food science & technology**. 41 : 215-219.

Armbruster, G., Nour, A. Y. M., Thonney, M. L. and Stouffer, J. R. 1983. “Changes in cooking losses and sensory attributes of Angus and Holstein beef with increasing carcass weight, marbling score or longissimus ether extract.” **Journal of Food Science.** 48 : 835-840.

Awuah, G.B., Ramaswamy, H.S. and Economides, A. 2007. “Thermal processing and quality: Principles and overview.” **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification.** 46 : 584-602.

BAM. 2001a. **Aerobic Plate Count. U.S. Food and Drug Administration.** [online]. Available : https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-aerobic-plate-count

BAM. 2001b. **Yeasts and Molds. U.S. Food and Drug Administration**. [online]. Available : https//www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-yeasts-molds-and-mycotoxins

BAM. 2001c. **Staphylococcus aureus. U.S. Food and Drug Administration.** [online]. Available : https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-staphylococcus-aureus

BAM. 2001d. ***Clostridium perfringens*. U.S. Food and Drug Administration.** [online]. Available : https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-clostridium-perfringens

BAM. 2001e. ***Clostridium botulinum*. U.S. Food and Drug Administration.** [online]. Available : https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-clostridium-botulinum

BAM. 2002. ***Escherichia coli* and the Coliform. U.S. Food and Drug Administration.** [online]. Available:https//www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliformbacteria

Belew, J. B., Brooks, J. C., McKenna, D. R. and Savell, J. W. 2003. "Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles." **Meat Science**. 64 : 507-512.

Bertola, N. C., Bevilacqua, A. E. and Zaritzky, N. E. 1994. "Heat treatment effect on texture changes and thermal denaturation of proteins in beef muscle." **Journal of Food Processing and Preservation.** 18 : 31-46.

Bindu, J., Srinicasa Gopal, T.K. and Unnikrishnan Nair, T.S. 2004. "Ready – to – eat mussel meat processed in retort pouches for the retail and export market." **Packaging Technology and Science.** 17 : 113–117.

Bourne, M. C. 1966. "Measure of shear and compression components of puncture tests." **Journal of Food Science.** 31 : 282-291.

Bouton, P. E., Harris, P. V., Shorthose, W. R. and Ratcliff, D. 1974. "Changes in the mechanical properties of veal muscles produced by myofibrillar contraction state, cooking temperature and cooking time." **Journal of Food Science**. 39 : 869-875.

Bourne, M. C., Kenny, J. F. and Barnard, J. 1978. "Computer-assisted readout of data from texture profile analysis curves." **Journal of Texture Studies.** 9 : 481-494.

Brugiapaglia, A., and Destefanis, G. 2009. "Sensory evaluation of meat colour using photographs." **Italian Journal of Animal Science.** 8 : 480 – 482.

Buege, J. A. and Aust, S. D. 1978. "[30] Microsomal lipid peroxidation." 302–310. in **Methods in enzymology**. United states : Academic Press.

Byrne, B. Dunne, G. and Bolton, D.J. 2006. "Thermal inactivation of Bacillus cereus and Clostridium perfringens vegetative cells and spores in pork luncheon roll." **Food Microbiology.** 23 : 803–808.

Byun, Y., Bae, H. J., Cooksey, K. and Whiteside, S. 2010. "Comparison of the quality and storage stability of salmon packaged in various retort pouches." **LWT-Food Science and Technology**. 43 : 551-555.

Canadian Food Inspection Agency (CFIA). 2002. **Processed Products Establishment Inspection Manual.** [online]. Available :https://www.inspection.gc.ca/food-safety-for-industry/archived-food-guidance/processed-products/manuals/establishment-inspection-manual/eng/1346352547319

Chang, H., Wang, Q., Xu, X., Li, C., Huang, M., Zhou, G. and Dai, Y. 2011. "Effect of heat-induced changes of connective tissue and collagen on meat texture properties of beef semitendinosus muscle." **International Journal of Food Properties.** 14 : 381-396.

Charoen, R., and Phungamngoen, C. 2016. "Product development of canned Thai food by thermal processing." **International Food Research Journal.** 23 : 1320-1326.

Choi, S. H., Cheigh, C. I. and Chung, M. S. 2013. "Optimization of processing conditions for the sterilization of retorted short-rib patties using the response surface methodology." **Meat science**. 94 : 95-104.

Claus, J.R., Coldy, J.W. and Flick, G.J. 1994. **Processed Meats/poultry/seafood.** In Kingman D.M., Kotula A.W. & Breidenstein B.C. (Eds.), *Muscle food* (pp. 108). London: Chapman & Hall.

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

Corbin, C. H., O'Quinn, T. G., Garmyn, A. J., Legako, J. F., Hunt M. R., Dinh T. T. N. and Miller, M.F. 2015. "Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying marbling levels and quality treatments." **Meat Science.** 100 : 24-31.

Delaquis, P.J., Baker, R. and Mccurdy, A.R. 1986. "Microbiological stability of pasteurized Ham Subjected to a Secondary Treatment in Retort Pouch." **Food Protection.** 49 : 42–46.

Devadason, I. P., Anjaneyulu, A. S. R., Mendirtta, S. K. and Murthy, T. R. K. 2014. "Quality and shelf life of buffalo meat blocks processed in retort pouches." **Journal of food science and technology.** 51 : 3991-3997.

Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W. and Lorenzo, J. M. 2019. "A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products." **Antioxidants**. 8 : 429.

Draudt, H. N. 1972. "Changes in meat during cooking." 243–259. In **25th Annual Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association.** United states : Peter Eckrich & Sons, Inc.

Drotz, H. 2012. "Development of Thermal Process for Gaeng Phed Gai in Retort Pouches" Master thesis of Sveriges lantbruksuniversitet and Swedish University of Agicultural Sciences.

Eichner, K. and Wolf, W. 1983. “Maillard Reaction Products as Indicator Compounds for Optimizing Drying and Storage Conditions.” The Maillard Reaction in Foods and Nutrition. ACS Symposium Series, 215.

Farouk, M. M., Mustafa, N. M., Wu, G. and Krsinic, G. 2012. “The “sponge effect” hypothesis: An alternative explanation of the improvement in the waterholding capacity of meat with ageing.” **Meat Science.** 90 : 670-677.

Faustman, C. and Suman S.P. 2017, “The eating quality of meat.” Toldra, F. **Lawrie’s Meat Science.** pages. 329–356.

Fennema, OR. 1996**. Water and ice.** In Fennema OR, editor. *Food chemistry*. 3rd ed. P 17 - 94. New York : Marcel Dekker.

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

Footitt, R.J., and Lewis, A. S., editor. 1994. **Canning of meat and fish products.** Boston : MA.

Frazier, W.C. and Westhoff, D.C. 1988. **Food microbiology.** New York : McGraw-Hill College.

Fukutome, N. and Utsunomiya, Y. 2016. “Characteristics of Soy Sauce Found in Regional Dishes.” **Journal of the Kikkoman Institute for International Food Culture.** 26 : 8–25.

Ganhão, R., Estévez, M., & Morcuende, D. 2011. “Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials.” **Food Chemistry.** 126 : 772-778.

Gao, X., Ogawa, H., Tashiro, Y. and Iso, N. 2001. “Rheological properties and structural changes in raw and cooked abalone meat.” **Fisheries science**. 67 : 314-320.

Girish, P. S., Nath, L., Thomas, R., Rajkumar, V. and Alam, T. 2018. “Development of Shelf Stable Ready-to-Eat Pork Curry Using Retort Processing Technology.” **Journal of Packaging Technology and Research.** 2 : 61-66.

Gopal, T.S., Vijayan, P., Balachandran, K., Madhavan, P. and Iyer, T. 2001. “Traditional Kerala style fish curry in indigenous retort pouch.” **Food control**. 12 : 523-527.

Gopinath, S. P., Kochery Anthony, M. X., Nagarajarao, R. C., Jaganath, B. and Krishnaswamy, S. G. T. 2007. “Standardisation of process parametres for ready‐to‐eat squid masala in indigenous polymer‐coated tin‐free steel cans.” **International journal of food science & technology**. 42 : 1148-1155.

Harper, G. S., Allinghama, P. G. and Le Feuvre, R. P. 1999. Changes in connective tissue of M. *semitendinosus* as a response to different growth paths in steers. **Meat Science.** 53 : 107-114.

Heinz, G. and Hautzinger, P. 2007. **Meat processing technology**. Bangkok. Maliwan mansion.

Hill, F. 1966. "The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages." **Journal of food science.** 31 : 161-166.

Holdsworth, S.D. 1997. **Thermal processing of packaged foods.** London : Blackie academic and professtional.

Holdsworth, S. D., Simpson, R. and Barbosa-Cánovas, G. V. 2008. **Thermal processing of packaged foods**. New York : Springer.

Hughes, J.M., Oiserh, S.K., Purslow, P.P. and Warner, R.D. 2014. "A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness." **Meat Science.** 98 : 520–532.

Ishiwatari, N., Fukuoka, M. and Sakai, N. 2013. "Effect of protein denaturation degree on texture and water state of cooked meat." **Journal of Food engineering.** 117 : 361-369.

ISO- 6579 2002. **Microbiology - General Guidance on Methods for the detection of *Salmonella*.** 4th ed. Switzerland : International Organisation for Standardization.

Jiang, Q., Han, J., Gao, P., Yu, L., Xu, Y. and Xia, W. 2018. "Effect of heating temperature and duration on the texture and protein composition of Bighead Carp (Aristichthys nobilis) muscle." **International journal of food properties.** 21 : 2110-2120.

Jo, C., Jayasena, D. D., Lim, D. G., Lee, K. H., Kim, J. J., Cha, J. S. and Nam, K. C. 2013. "Effect of intramuscular fat content on the meat quality and antioxidative dipeptides of Hanwoo beef." **The Korean Journal of Food and Nutrition.** 26 : 117-124.

Kameník, J., Saláková, A., Pavlík, Z., Borˇilová, G., Hulanková, R. and Steinhauserová, I. 2014. "Vacuum skin packaging and its effect on selected properties of beef and pork meat." **European Food Research and Technology.** 239 : 395-402.

Kannan, A. and Sandaka, P.Ch.G. 2008. "Heat transfer analysis of canned food sterilization in a still retort." **Journal of food engineering.** 88 : 213–228.

Khan, M. I., Jung, S., Nam, K. C. and Jo, C. 2016. "Postmortem aging of beef with a special reference to the dry aging." **Korean journal for food science of animal resources.** 36 : 159-169.

Kim, H. W., Choi, Y. S., Choi, J. H., Kim, H. Y., Hwang, K. E., Song, D. H. and Kim, C. J. 2013. "Antioxidant effects of soy sauce on color stability and lipid oxidation of raw beef patties during cold storage." **Meat science**. 95 : 641-646.

Kim, H. W. and Kim, Y. H. B. 2017. "Effects of aging and freezing/thawing sequence on quality attributes of bovine Mm. gluteus medius and biceps femoris." **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.** 30 : 254-261.

Kim, J.S. and Lee, Y.S. 2009. "Study of the maillard reaction products deriverd from aqueous model systems with different peptide chain lengths." **Journal of Food Chemistry**. 116 : 846–853.

Kort, R., O'Brien, A.C., Van Stokkum, I.H.M., Oomes, S.J.C.M., Crielaard, W., Hellingwerf, K.J. and Brul, S. 2005. "Assessment of Heat Resistance of Bacterial Spores from Food Product Isolates by Fluorescence Monitoring of Dipicolinic Acid Release." **Microbiology.** 71 : 3556–3564.

Kroh, L. W. 1994. "Caramelisation in food and beverages." **Food chemistry.** 51 : 373-379.

Kugino, M., and Kugino, K. 1994. "Microstructural and rheological properties of cooked squid mantle." **Journal of food science.** 59 : 792-796.

Kulkarni, V. V., Kowale, B. N., Kesava Rao, V. and Murthy, T. R. K. 1993. "Storage stability and sensory quality of washed ground buffalo meat and meat patties during refrigerated storage." **Journal of Food Science and Technology**. 30 : 169-171.

Labuza, T.P. 1982. **Shelf-life dating of foods.** USA : Food & Nutrition Press, Inc.

Lagerstedt, Å., Enfält, L., Johansson, L., & Lundström, K. 2008. "Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef M. longissimus dorsi." **Meat science.** 80 : 457-461.

Lawrie, R. A. 1968. "Chemical changes in meat due to processing—A review." **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 19 : 233-240.

Liang, R. R., Zhu, H., Mao, Y. W., Zhang, Y. M., Zhu, L. X., Cornforth, D. and Luo, X. 2016. "Tenderness and sensory attributes of the longissimus lumborum muscles with different quality grades from Chinese fattened yellow crossbred steers." **Meat Science**. 112 : 52–57.

Liu, S. C., Yang, D. J., Jin, S. Y., Hsu, C. H., and Chen, S. L. 2008. "Kinetics of color development, pH decreasing, and anti-oxidative activity reduction of Maillard reaction in galactose/glycine model systems." **Food Chemistry**. 108 : 533-541.

Locker, R. H., Daines, G. J., Carse, W. A. and Leet, N. G. 1977. "Meat tenderness and the gap filaments." **Meat science.** 1 : 87-104.

Machlik, S. M. and Draudt, H. N. 1963. “The effect of heating time and temperature on the shear of beef semitendinosus muscle a.” **Journal of Food Science.** 28 : 711-718.

Maheswara, K. J., Raju, C. V., Naik, J., Prabhu, R. M. and Panda, K. 2011. “Studies on thermal processing of tuna-a comparative Study in tin and tin-free steel cans.” **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development.** 11 : 5539-5560.

Majumdar, R. K., Dhar, B., Roy, D. and Saha, S. 2015. “Study of Instrumental and Sensory Characteristics of Catla in Curry Medium during Retort Pouch Processing to Optimize F_0 Value.” **Journal of food processing and preservation.** 39 : 1595-1604.

Martens, H., Stabursvik, E. and Martens, M. 1982. “Texture and colour changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle protein.” **Journal of texture studies.** 13 : 291–309.

Martins, S.I.F.S., Jongen, W.M.F. and Boekel, M.A.J.S.V. 2001. “A review of maillard reaction in food and implications to kinetic modeling.” **Food science and technology.** 11 : 364–373.

McCormick, R. J. 1994. **Structure and properties of tissues.** In *Muscle foods* P 25-62. Boston : MA.

McCrae, S. E. and Paul, P. C. 1974. “Rate of heating as it affects the solubilization of beef muscle collagen.” **Journal of Food Science**. 39 : 18-21.

Mitsumoto, M., Mitsuhashi, T. and Ozawa, S. 1992. “Influence of slaughter weight, sire, concentrate feeding and muscle on the physical and chemical characteristics in Japanese black beef.” **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. 5 : 629-634.

Moon, S.S. 2006 “The effect of quality grade and muscle on collage content and tenderness of intramuscular connective tissue and myofibrillar protein for Hanwoo beef.” **Asian-Australasian journal. of Animal science.** 7 : 1059–1064.

Morgan, N. G. and Dhayal, S. 2010. “Unsaturated fatty acids as cytoprotective agents in the pancreatic β-cell.” **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids.** 82 : 231-236.

Morel, P. C., Leong, J., Nuijten, W. G., Purchas, R. W. and Wilkinson, B. H. 2013. “Effect of lipid type on growth performance, meat quality and the content of long chain n− 3 fatty acids in pork meat.” **Meat Science** 95 : 151-159.

Mozaffarian, D., Cao, H., King, I. B., Lemaitre, R. N., Song, X., Siscovick, D. S. and Hotamisligil, G. S. 2010. “Trans-palmitoleic acid, metabolic risk factors, and new-onset diabetes in US adults: a cohort study.” **Annals of internal medicine.** 153 : 790-799.

Muhlisin, K., D.S., Song, Y.R., Cho, Y.J., Kim, C.J., An, B.K., Kang, C.W. and Lee, S.K. 2013. "Effect of cooking time and storage temperature on the quality of home-made retort pouch packed Chuncheon dakgalbi." **Korean Journal for Food Science of Animal Resources.** 33 : 737-743.

Mundt, S. and Wedzicha, B.L. 2007. "A kinetic model for browning in the baking of biscuits : Effects of water activity and temperature." **Journal of food science and technology**. 40 : 1078–1082.

Murphy, R.Y., Duncan, L.K., Berrang, M.E., Marcy, J.A. and Wolfe, R. E. 2002. "Thermal Inactivation D- and Z-Values of Salmonella and Listeria innocua in Fully Cooked and Vacuum Packaged Chicken Breast Meat." **Poultry Science**. 81 : 1578–1583.

Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H. and Hosseini, S. M. H. 2010. "Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout." **Food chemistry.** 120 : 193-198.

Okumura, T., Saito, K., Nade, T., Misumi, S., Masuda, Y., Sakuma, H., ... & Kawamura, T. 2007. "Effects of intramuscular fat on the sensory characteristics of M. longissimus dorsi in Japanese black steers as judged by a trained analytical panel." **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.** 20 : 577-581.

Ozawa, S., Mitsuhashi, T., Mitsumoto, M., Matsumoto, S., Itoh, N., Itagaki, K., and Dohgo, T. 2000. "The characteristics of muscle fiber types of longissimus thoracis muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers." **Meat Science**. 54 : 65-70.

Pakula, C. and Stamminger, R. 2012. "Measuring changes in internal meat colour, colour lightness and colour opacity as predictors of cooking time." **Meat science.** 90 : 721-727.

Palka, K. 1999. "Changes in intramuscular connective tissue and collagen solubility of bovine m. semitendinosus during retorting." **Meat science.** 53 : 189–194.

Pearson, A. and Taubwe, F.W. 1984. **Processed meat.** 2nd ed. New York : Van nostrand Reinhold.

Pearson, D. 1968. "Application of chemical methods for the assessment of beef quality. II. Methods related to protein breakdown." **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 19 : 366-369.

Rajan, S., Kulkarni, V. V. and Chandirasekaran, V. 2014. "Preparation and storage stability of retort processed Chettinad chicken." **Journal of food science and technology.** 51 : 173-177.

Rajkumar, v. 2008. **Assessment of quality and shelf life of retort pouch processed chettinad goat meat product.** Thesis of Madras Veterinary College.

Ramírez, A.O., Price, J.F., Hsu, Y.C., Veeramuthu, G.J., Merritt, J.S.C. and Smith, D.M. 1997. "Thermal inactivation of Escherichia coli O157:H7, Salmonella senftenberg, and enzymes with potential as time – temperature indicators in ground beef." **Food Protection**. 60 : 471–475.

Ramírez, M., Morcuende, D., Estévez, M., & López, R. C. 2005. "Fatty acid profiles of intramuscular fat from pork loin chops fried in different culinary fats following refrigerated storage." **Food Chemistry**. 92 : 159-167.

Ranganna, S. 2000. **Handbook of Canning and Aseptic Packaging.** New Deli : Publishing Company Limited.

Resurreccion AVA. 1994. **Cookery of muscle food.** In Muscle foods meat, poultry and seafood technology. New York : Chapman and Hall.

Rhee, M.S., Wheeler, T.L., Shackelford, S.D. and Koohmarie, M. 2004 "Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles." **Journal of animal science.** 82 : 534–550.

Rowe, L. J., Maddock, K. R., Lonergan, S. M. and Huff-Lonergan, E. 2004. "Influence of early postmortem protein oxidation on beef quality." **Journal of Animal Science.** 82 : 785-793.

Saricoban, C. and Yilmaz, M.T. 2010. "Modelling the effects of processing factors on the changes in colour parameters of cooked meatballs using response surface methodology." **World Applied Sciences Journal.** 9 : 14-22.

Seideman, S. C., Koohmaraie, M. and Crouse, J. D. 1987. "Factors associated with tenderness in young beef." **Meat Science.** 20 : 281-291.

Serrano, A., Librelotto, J., Cofrades, S., Sánchez-Muniz, F. J. and Jiménez-Colmenero, F. 2007. "Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method." **Meat science.** 77 : 304-313.

Shah, M.A., Bosco, S.J.D.B. and Mir S.A. 2017. "Evaluation of shelf life of retort pouch packaged Rogan josh, a traditional meat curry of Kashmir, India." **Food Packaging and Shelf life**. 12 : 76–82.

Sikes, A.L. and Tume, R.K. 2014. "Effect of processing temperature on tenderness, colour and yield of beef steaks subjected to high-hydrostatic pressure." **Meat Science.** 97 : 244–248.

Sikorski, Z. E. and Borderias, J. A. 1994. **Collagen in the muscles and skin of marine animals.** In Seafood proteins. New York : Springer.

Simpson, W. J. 2006. **Brewing control systems: sensory evaluation.** In Brewing. Cambridge : Woodhead Publishing.

Singh, A., Pratap, A. and Ramaswamy, H. 2015. "A refined methodology for evaluation of heat transfer coefficients in canned particulate fluids under rapid heating conditions." **Food and Bioproducts processing.** 94 : 169–179.

Stabursvik, E. and Martens, H. 1980. “Thermal denature of protein in post-rigor muscle tissue as studied by differential scanning colorimetry.” **Journal science food agricultural**. 31 : 1034–1042.

Straadt, I. K., Rasmussen, M., Andersen, H. J., & Bertram, H. C. 2007. “Aging-induced changes in microstructure and water distribution in fresh and cooked pork in relation to water-holding capacity and cooking loss–A combined confocal laser scanning microscopy (CLSM) and low-field nuclear magnetic resonance relaxation study.” **Meat Science**. 75 : 687-695.

Stumbo, C.R., 1973. **Thermobacteriology in Food Processing.** 2nd ed. New York : Academic Press.

Tanaka, M. and Kimura, S. 1988. “Effect of heating condition on protein quality of retort pouched fish meat.” **Nippon suisan gakkaishi.** 54 : 265–270.

Torrescano, G., Escalante, A. S., Giménez B., Roncalés, P. and Beltrán, J. A. 2003. “Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics.” **Meat Science**. 64 : 85-91.

Tribuzi, G., ARAGÃO, G. M. F. D. and Laurindo, J. B. 2015. “Processing of chopped mussel meat in retort pouch.” **Food Science and Technology.** 35 : 612-619.

Triyannanto, E. and Lee, K. T. 2015 “Effect of pre-cooking conditions on the quality characteristics of ready-to-eat samgyetang.” **Korean Journal for Food Science of Animal Resources.** 35 : 494–501.

Tyra, M. and Zak, G. 2012 “Analysis of relationships between fattening and slaughter performance of pigs and the level of intramuscular fat (IMF) in *Logissimus dorsi* muscle.” **Annals of Animal Science.** 12 : 169-178.

Vani, N. D., Modi, V. K., Kavitha, S., Sachindra, N. M. and Mahendrakar, N. S. 2006. “Degradation of inosine-5′-monophosphate (IMP) in aqueous and in layering chicken muscle fibre systems: Effect of pH and temperature.” **LWT-Food Science and Technology.** 39 : 627-632.

Vasanthi, C., VEnkataramanujam and Dushyanthan, K. 2007. “Effect of cooking temperature and time on the physico-chemical, histological and sensory properties of female carabeef (buffalo) meat.” **Meat Science**. 76 : 274–280.

Sepulveda, D., Olivas, G., Rodriguez, J. J., Warner, H., Clark, S. and Barbosa – Canovas, G. U. S. T. A. V. O. 2003. “Storage of retort pouch beefsteak and beef stew packed under four headspace levels.” **Journal of food processing and preservation**. 27 : 227-242.

Spanier, A. M., St. Angelo, A. J. and Shaffer, G. P. 1992. “Response of beef flavor to oxygen depletion and an antioxidant-chelator mixture.” **Journal of Agricultural and food Chemistry.** 40 : 1656-1662.

Ueda, Y., Watanabe, A., Higuchi, M., Shingu, H., Kushibiki, S. and Shinoda, M. 2007. "Effects of intramuscular fat deposition on the beef traits of Japanese Black steers (Wagyu)." **Animal Science Journal.** 78 : 189-194.

Weston, A. R., Rogers, R. W. and Althen, T. G. 2002. "The role of collagen in meat tenderness. The Professional Animal Scientist" 18 : 107-111.

Wyrwisz, J., Moczkowska, M., Kurek, M., Stelmasiak, A., Półtorak, A. and Wierzbicka, A. 2016. "Influence of 21 days of vacuum-aging on color, bloom development, and WBSF of beef semimembranosus." **Meat science**. 122 : 48-54.

Yang, Z. H., Miyahara, H. and Hatanaka, A. 2011. "Chronic administration of palmitoleic acid reduces insulin resistance and hepatic lipid accumulation in KK-A y Mice with genetic type 2 diabetes." **Lipids in Health and disease**. 10 : 1-8.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายเอทานอล ความเข้มข้น 70%

95% ethanol	737.0 มิลลิลิตร
Distilled water	233.0 มิลลิลิตร

2. การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจน

2.1 Oxidant solution

Chloramine T	3.5 กรัม
Acetate/Citrate buffer	
- Sodium acetate anhydrous	34.4 กรัม
- Trisodium citrate dihydrous	36.5 กรัม
- Citric acid monohydrous	5.5 กรัม
- Isopropanol	385 มิลลิลิตร

ทำการละลาย Chloramine T ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ได้เป็นสารละลาย A จากนั้นทำการเตรียม Acetate/Citrate buffer โดยการละลาย Sodium acetate anhydrous, Trisodium citrate dihydrous และ Citric acid monohydrous ในน้ำกลั่นปริมาณ 500 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรดด่างให้เท่ากับ 6 ด้วย acetic acid จากนั้นเติม Isopropanol แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ได้เป็นสารละลาย B เมื่อใช้ Oxidant solution ให้นำสารละลาย A 1 ส่วนผสมกับสารละลาย B 4 ส่วน

2.2 Erlich's reagent

p-dimethylaminobenzaldehyde	2 กรัม
70% Perchloric acid	2.5 มิลลิลิตร

ทำการละลาย p-dimethylaminobenzaldehyde ใน 70% Perchloric acid ก่อนนำมาใช้

2.3 Ringer's solution

Sodium chloride	7.0 กรัม
Calcium chloride	0.026 กรัม
Potassium chloride	0.350 กรัม

ทำการละลายสารเคมีทั้งหมดด้วยน้ำกลั่นเข้ากัน จากนั้นทำการปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

3. การเตรียมสารละลายสำหรับการตรวจวัดการออกซิเดชันของไขมัน

3.1 0.25N HCl

37% HCl	20.83 มิลลิลิตร

เทน้ำกลั่นลงขวดปรับปริมาตร 500 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 37% HCl และปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น (ทำในตู้ดูดควัน)

3.2 TBA solution

2-Thiobarbituric acid	3.75 กรัม
Trichloroacetic acid	150 กรัม

นำ 2-Thiobarbituric acid และ Trichloroacetic acid มาละลายด้วย 0.25 N HCl แล้วทำการปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

3.3 Stock สาร 1,1,3,3 tetra-ethoxypropane (TEP)

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

ดูดสารละลาย 1,1,3,3 tetra-ethoxypropane (TEP) ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเอทานอล 95% ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) เก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้ให้ทำการเจือจาง Stock 1,1,3,3 tetra-ethoxypropane (TEP) เป็น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

4. การเตรียมสารละลายสำหรับการตรวจวัดการย่อยสลายโปรตีนด้วยเทคนิค TCA Soluble-peptide

4.1 5% Trichloroacetic acid (TCA) ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Trichloroacetic acid (TCA)	50	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

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

4.2 สารละลาย MTyrosine

MTyrosine

น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย MTyrosine ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

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

Na_2CO_3	2	กรัม
0.1N NaOH	100	มิลลิลิตร

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

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

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

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

4.5 Reagent C

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

4.6 สารละลาย Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

Folin-ciocalteu	50	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	50	มิลลิลิตร

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

5. การเตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โปรตีนรวม โดยวิธี Kjeldahl method (AOAC. 2000)

5.1 Boric acid 4% ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

H_3BO_3	40	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย H_3BO_3 40 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิห้อง

5.2 NaOH 32% ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

NaOH	320	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย NaOH 320 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิห้อง

5.3 0.1 N H_2SO_4 ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

H_2SO_4 98%	3	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ทำการผสม H_2SO_4 98% 3 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิห้อง

5.4 Catalyst mixture

K_2SO_4	100	กรัม
$CuSO_4$	7	กรัม

ทำการผสม K_2SO_4 100 กรัม กับ $CuSO_4$ 7 กรัม ให้เข้ากันแล้ว แล้วชั่งสาร catalyst mixture ใส่ถุง ถุงละ 7 กรัม

ภาคผนวก ข

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. สารละลายเกลือ 0.85%

Sodium chloride 8.5 กรัม

ละลาย Sodium chloride ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. Plate count agar (PCA)

Plate count agar 22.5 กรัม

ละลาย Plate count agar ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

3. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับยีสต์ และรา

4.1 10% Tataric acid solution

Tataric acid 10 กรัม

ละลาย Tataric acid ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

4.2 Potato Dextrose Agar (PDA)

Potato Dextrose Agar 39 กรัม

ละลาย Potato Dextrose Agar ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำมาใช้ในนำ Potato Dextrose Agar 1,000 มิลลิลิตร มาผสมกับ 10% tartaric acid solution 10 มิลลิลิตร

5. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับ Salmonella spp.

5.1 Bufferd Peptone Water (BPW)

Bufferd Peptone Water 25.5 กรัม

ละลาย Bufferd Peptone Water ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

5.2 Iodine/Potassium iodine solution

Iodine 4 กรัม

Potassium iodine 5 กรัม

ละลาย Iodine และ Potassium iodine ในน้ำกลั่น จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 20 มิลลิลิตร

5.3 Muller-Kauffman Tetrathionate-Novobiocin Broth (MKTTN)

Muller-Kauffman Tetrathionate-Novobiocin Broth 89.5 กรัม

ละลาย Muller-Kauffman Tetrathionate-Novobiocin Broth ในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 1,000 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ โดยก่อนนำมาใช้ให้ผสม Muller-Kauffman Tetrathionate-Novobiocin Broth 1,000 มิลลิลิตร กับ Iodine/Potassium iodine solution 20 มิลลิลิตร

5.4 1.5% Novobiocin

Novobiocin 0.15 กรัม

ละลาย Novobiocin ในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 10 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ

5.5 HEKTOEN Enteric Agar (HE agar)

HEKTOEN Enteric Agar 75 กรัม

ละลาย HEKTOEN Enteric Agar ในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 1,000 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ โดยก่อนนำมาใช้ให้ผสม HEKTOEN Enteric Agar 1,000 มิลลิลิตร กับ 1.5% Novobiocin 1 มิลลิลิตร

5.6 Lysine Iron Agar (LIA)

Lysine Iron agar 32 กรัม

ละลาย Lysine Iron agar ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนจนวุ้นละลาย แล้วทำการแบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละ 3 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

5.7 Triple Sugar Iron Agar (TSI Agar)

Triple Sugar Iron Agar	65 กรัม

ละลาย Triple Sugar Iron Agar ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนจนวุ้นละลาย แล้วทำการแบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละ 3 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เมื่อเสร็จแล้วให้นำหลอดทดลองมาเอียง (slant)

6. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับ *S. aureus*

6.1 0.53% Sodium chloride

Sodium chloride	0.53 กรัม

ละลาย Sodium chloride ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

6.2 10.5% Potassium tellurite

Potassium tellurite	10.5 กรัม

ละลาย Potassium tellurite ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

6.3 Egg-yolk tellurite emulsion

ไข่ไก่เบอร์ 1 (เฉพาะไข่แดง)	1 ฟอง
0.53% Sodium chloride	40 มิลลิลิตร
10.5% Potassium tellurite	1 มิลลิลิตร

แช่ไข่ไก่เบอร์ 1 ใน 95% ethanol เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นทำการแยกไข่แดงโดยดารใช้ forceps ค่อยๆ ตอกด้านป้านของไข่ไก่ให้เป็นวง และเปลือกไข่ที่ตอกต้องเรียบ แล้วเทไข่ขาวออก

แล้วเทไข่แดงใส่บีกเกอร์ที่ปลอดเชื้อจากนั้นเติม 0.53% Sodium chloride และ 10.5% Potassium tellurite ผสมให้เข้ากัน

6.4 BAIRD-PARKER Agar (BP Agar)

BAIRD-PARKER Agar 58 กรัม

ละลาย BAIRD-PARKER Agar ในน้ำกลั่น 950 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที โดยก่อนนำมาใช้ให้ผสม BAIRD-PARKER Agar 950 มิลลิลิตร กับ Egg-yolk tellurite emulsion 50 มิลลิลิตร

7. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับ *C. perfringens*

7.1 Sterile buffered thioglycollate solution

1) Buffer mixture

Dipotassium phosphate 5.7 กรัม

Sodium carbonate 28 กรัม

ละลาย Dipotassium phosphate และ Sodium carbonate ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2) 13.3% Sodium thioglycollate solution

Sodium thioglycollate solution 13.3 กรัม

ละลาย Sodium thioglycollate solution ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

Sterile buffered thioglycollate solution ให้นำ Buffer mixture 35 มิลลิลิตรมาผสมกับ 13.3% Sodium thioglycollate solution 15 มิลลิลิตรก่อนนำมาใช้

7.2 Tryptone Sulfite Neomycin Agar (TSN Agar)

Tryptone Sulfite Neomycin Agar 40.07 กรัม

ละลาย Tryptone Sulfite Neomycin Agar ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อ

ตารางนิ้ว เป็นเวลา 12 นาที โดยก่อนนำมาใช้ให้ผสม Tryptone Sulfite Neomycin Agar 1,000 มิลลิลิตร กับ Sterile buffered thioglycollate solution 25 มิลลิลิตร

8. การเตรียมอาหารสำหรับ Coliform และ *E. coli*

8.1 LMX Broth

LMX Broth 17 กรัม

ละลาย LMX broth ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร แล้วแบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละ 9 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

8.2 Eosin Methylene-blue Lactose Sucrose Agar (EMB Agar)

Eosin Methylene-blue Lactose Sucrose Agar 36 กรัม

ละลาย Eosin Methylene-blue Lactose Sucrose Agar ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

8.3 Trytophan broth

Trytophan broth 16 กรัม

ละลาย Trytophan broth ในน้ำกลั่น 1,000 แล้วทำการแบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละ 3 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

8.4 MR-VP broth

MR-VP broth 17 กรัม

ละลาย MR-VP broth ในน้ำกลั่น 1,000 แล้วทำการแบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละ 3 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

8.5 SIMMONS Citrate Agar

SIMMONS Citrate Agar 22.3 กรัม

ละลาย SIMMONS Citrate Agar ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนจนวุ้นละลาย แล้วทำการแบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละ 3 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เมื่อเสร็จแล้วให้นำหลอดทดลองมาเอียง (slant)

8. Dextrose tryptone agar (DTA)

Dextrose tryptone agar 27 กรัม

ละลาย Dextrose tryptone agar ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ภาคผนวก ค

แบบประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

วันที่_____

ลำดับที่_____

แบบประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนบรรจุรีทอร์ทเพาซ์

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ ☐ ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 20 – 35 ปี ☐ 36 – 50 ปี ☐ สูงกว่า 50 ปี

3. รายได้ต่อเดือน ☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 5,001 – 15,000 บาท ☐ 15,001 – 25,000 บาท ☐ มากกว่า 25,000 บาท

4. อาชีพ ☐ นักเรียน นักศึกษา ☐ รับราชการ พนักงานของรัฐ ☐ บริษัทเอกชน ☐ ธุรกิจส่วนตัว ☐ อื่นๆ โปรดระบุ…….....

5. คุณชอบรับประทานเนื้อโคตุ๋นหรือไม่

☐ ไม่ชอบมาก ☐ ไม่ชอบ ☐ ไม่ค่อยชอบ ☐ เฉยๆ

☐ ค่อนข้างชอบ ☐ ชอบ ☐ ชอบมาก

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

คะแนน	**ระดับความชอบ**
9	ชอบมากที่สุด
8	ชอบมาก
7	ชอบ
6	ค่อนข้างชอบ
5	เฉยๆ
4	ค่อนข้างไม่ชอบ
3	ไม่ชอบ
2	ไม่ชอบมาก
1	ไม่ชอบมากที่สุด

- กรุณากลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก
- ก่อนชิมตัวอย่างถัดไป กรุณาทานแครกเกอร์เล็กน้อย ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อย (ท่านสามารถบ้วนทิ้งลงในถ้วยสูงที่เตรียมไว้ให้)

รหัสตัวอย่าง	**ลักษณะที่ศึกษา**				
	ลักษณะปรากฏ	**กลิ่นเครื่องเทศ**	**รสชาติ**	**ลักษณะเนื้อสัมผัส**	**ความชอบโดยรวม**
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					

หมายเหตุ

- ลักษณะปรากฏ หมายถึง สีน้ำซุปและสีเนื้อ
- กลิ่นเครื่องเทศ หมายถึง กลิ่นเครื่องเทศของผลิตภัณฑ์
- รสชาติ หมายถึง รสชาติของเนื้อโค
- ลักษณะเนื้อสัมผัส หมายถึง เนื้อสัมผัสของเนื้อโค (ความนุ่ม และความ เหนียว)
- ความชอบโดยรวม หมายถึง ความชอบโดยรวมของเนื้อสัมผัสและรสชาติ

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

วันที่_____

ลำดับที่_____

แบบประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตุ๋นยาจีนบรรจุรีทอร์ทเพาซ์

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ ☐ ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 20 – 35 ปี ☐ 36 – 50 ปี
☐ สูงกว่า 50 ปี

3. รายได้ต่อเดือน ☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 5,001 – 15,000 บาท
☐ 15,001 – 25,000 บาท ☐ มากกว่า 25,000 บาท

4. อาชีพ ☐ นักเรียน นักศึกษา ☐ รับราชการ พนักงานของรัฐ
☐ บริษัทเอกชน ☐ ธุรกิจส่วนตัว
☐ อื่นๆ โปรดระบุ…….....

5. คุณชอบรับประทานเนื้อโคตุ๋นหรือไม่

☐ ไม่ชอบมาก ☐ ไม่ชอบ ☐ ไม่ค่อยชอบ ☐ เฉยๆ
☐ ค่อนข้างชอบ ☐ ชอบ ☐ ชอบมาก

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

คะแนน	**ระดับความชอบ**
9	ชอบมากที่สุด
8	ชอบมาก
7	ชอบ
6	ค่อนข้างชอบ
5	เฉยๆ
4	ค่อนข้างไม่ชอบ
3	ไม่ชอบ
2	ไม่ชอบมาก
1	ไม่ชอบมากที่สุด

- กรุณากลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก
- ก่อนชิมตัวอย่างถัดไป กรุณาทานแครกเกอร์เล็กน้อย ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อย (ท่านสามารถบ้วนทิ้งลงในถ้วยสูงที่เตรียมไว้ให้)

รหัสตัวอย่าง / ลักษณะที่ศึกษา	**คะแนนความชอบ**			
	ลักษณะปรากฏ	**กลิ่นเครื่องเทศ**	**สีของชิ้นเนื้อ**	**ความชอบโดยรวม**
.....				
.....				
.....				
.....				

หมายเหตุ

- ลักษณะปรากฏ หมายถึง ภาพรวมลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์
- กลิ่นเครื่องเทศ หมายถึง กลิ่นเครื่องเทศของผลิตภัณฑ์
- สีของชิ้นเนื้อ หมายถึง ความเข้มของสีเนื้อ
- ความชอบโดยรวม หมายถึง ความชอบโดยรวมของเนื้อสัมผัสและรสชาติ

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

1) ฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

ฉลากโภชนาการแบบไทย

ข้อมูลโภชนาการ

หนึ่งหน่วยบริโภค : 1/2 ถุง (195 กรัม)

จำนวนหน่วยบริโภคต่อ ถุง : 2

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

พลังงานทั้งหมด 200 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 45 กิโลแคลอรี)

	ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด 5 ก.	8%
ไขมันอิ่มตัว 2 ก.	10%
โคเลสเตอรอล 90 มก.	30%
โปรตีน 32 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 7 ก.	2%
ใยอาหาร 0 ก.	0%
น้ำตาล 7 ก.	
โซเดียม 1,130 มก.	56%

ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0%	**วิตามินบี 1**	0%
วิตามินบี 2	4%	**แคลเซียม**	15%
เหล็ก	20%		

* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป **(Thai RDI)** โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้

ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2000	มก.

พลังงาน(กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4

ฉลากโภชนาการแบบ US

USA Labeling

Nutrition Facts

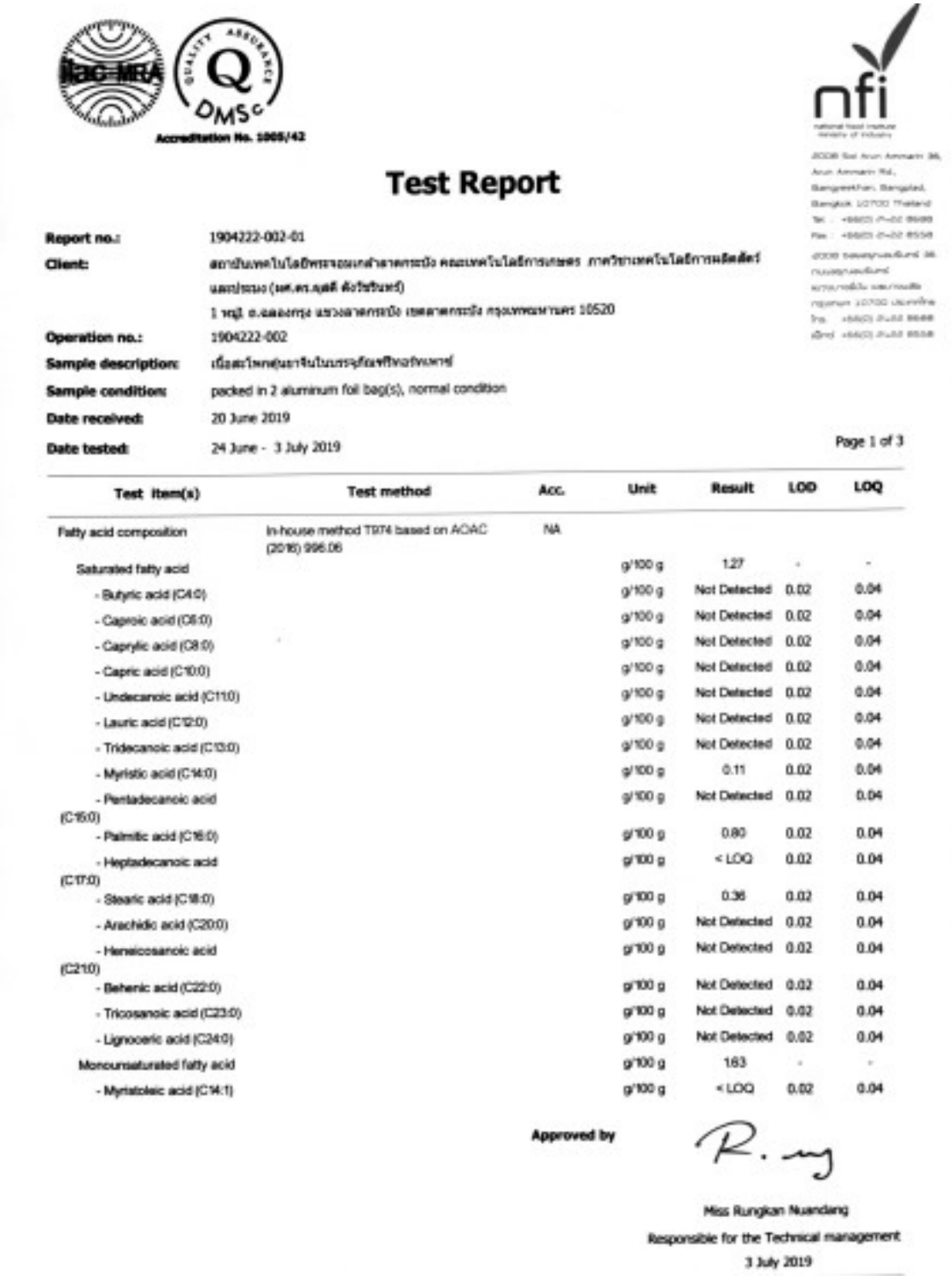
2 servings per container

Serving size **1/2 pack (195 g)**

Calories	Per serving **200**		Per container **400**	
		%DV*		%DV*
Total Fat	5g	**6%**	10g	**13%**
Saturated Fat	2g	**10%**	4g	**20%**
Trans Fat	0 g		0g	
Cholesterol	90mg	**30%**	180mg	**60%**
Sodium	1,130mg	**49%**	0mg	**0%**
Total Carb.	7g	**3%**	14g	**5%**
Dietary Fiber	0g	**0%**	0g	**0%**
Total Sugars	7 g		14g	
Incl. Added Sugars	7g	**14%**	14g	**28%**
Protein	32g		64g	
Vitamin D	0mcg	**0%**	0mcg	**0%**
Calcium	130mg	**10%**	260mg	**20%**
Iron	3.2mg	**20%**	6.4mg	**35%**
Potassium	290mg	**6%**	580mg	**10%**

* The % Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice.

2) องค์ประกอบของกรดไขมันที่จะได้รับจากผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์



Accreditation No. 1005/42

Test Report

Report no.: 1904222-002-01

Client: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ และประมง (นพ.ดร.ณุสรี ตั้งวิริยนต์)
1 หมู่ 1 ถ.ฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Operation no.: 1904222-002

Sample description: เนื้อสะโพกต่อยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

Sample condition: packed in 2 aluminum foil bag(s), normal condition

Date received: 20 June 2019

Date tested: 24 June - 3 July 2019

Page 1 of 3

Test item(s)	Test method	Acc.	Unit	Result	LOD	LOQ
Fatty acid composition	In-house method TB74 based on AOAC (2016) 996.06	NA				
Saturated fatty acid			g/100 g	1.27	-	-
- Butyric acid (C4:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Caproic acid (C6:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Caprylic acid (C8:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Capric acid (C10:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Undecanoic acid (C11:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Lauric acid (C12:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Tridecanoic acid (C13:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Myristic acid (C14:0)			g/100 g	0.11	0.02	0.04
- Pentadecanoic acid (C15:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Palmitic acid (C16:0)			g/100 g	0.80	0.02	0.04
- Heptadecanoic acid (C17:0)			g/100 g	< LOQ	0.02	0.04
- Stearic acid (C18:0)			g/100 g	0.36	0.02	0.04
- Arachidic acid (C20:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Heneicosanoic acid (C21:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Behenic acid (C22:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Tricosanoic acid (C23:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Lignoceric acid (C24:0)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
Monounsaturated fatty acid			g/100 g	1.63	-	-
- Myristoleic acid (C14:1)			g/100 g	< LOQ	0.02	0.04

Approved by

Miss Rungkan Nuandang
Responsible for the Technical management
3 July 2019

Accreditation No. 1005/43

nfi
national food institute
ministry of industry
(ECOD Soi Arun Amarin 36,
Arun Amarin Rd.,
Bangyeekhan, Bangplad,
Bangkok 10700 Thailand
Tel. : +66(0) 2-424 8688
Fax : +66(0) 2-424 8558
ECOD www.nfi.or.th/ECOD Soi
muuban/บ้านเอ็โคด ซอย
อรุณอมรินทร์ 36
อรุณอมรินทร์ บางยี่เรือ
กรุงเทพฯ 10700 ประเทศไทย
โทร. +66(0) 2-424 8688
ฟักซ์ +66(0) 2-424 8558

Test Report

Report no.: 1904222-002-01

Client: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณกระบัง คณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตอัตร์ และประยุกต์ (ผศ.ดร.มุลลี ตั้งวิริยกิจ)
1 หมู่1 ถ.ฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Operation no.: 1904222-002

Sample description: เนื้อสะโพกคุ่มอาจินในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิทเพาซ์

Sample condition: packed in 2 aluminum foil bag(s), normal condition

Date received: 20 June 2019

Date tested: 24 June - 3 July 2019

Test item(s)	Test method	Acc.	Unit	Result	LOD	LOQ
- Pentadecenoic acid (C15:1)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Palmitoleic acid (C16:1)			g/100 g	0.19	0.02	0.04
- Heptadecenoic acid (C17:1)			g/100 g	< LOQ	0.02	0.04
- Elaidic acid (C18:1 trans)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Oleic acid (C18:1, Omega-9)			g/100 g	1.44	0.02	0.04
- Eicosenoic acid (C20:1, Omega-9)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Erucic acid (C22:1, Omega-9)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Nervonic acid (C24:1, Omega-9)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
Polyunsaturated fatty acid			g/100 g	0.07	-	-
- Linolelaidic acid (C18:2 trans)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Linoleic acid (C18:2, Omega-6)			g/100 g	0.07	0.02	0.04
- γ-Linolenic acid (C18:3, Omega-6)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Linolenic acid (C18:3, ALA, Omega-3)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Eicosadienoic acid (C20:2, Omega-6)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid (C20:3, Omega-6)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Eicosatrienoic acid (C20:3, Omega-3)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04

Approved by

Miss Rungkan Nuandang
Responsible for the Technical management
3 July 2019

Accreditation No. 1005/42

Test Report

Report no.: 1904222-002-01

Client: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์และประมง (ผศ.ดร.ชูเดช ศิริวรินทร์)
1 หมู่1 ถ.ฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Operation no.: 1904222-002

Sample description: เนื้อสะโพก(บดจาก)ในบรรจุภัณฑ์พลาสติก

Sample condition: packed in 2 aluminum foil bag(s), normal condition

Date received: 20 June 2019

Date tested: 24 June - 3 July 2019

Test item(s)	Test method	Acc.	Unit	Result	LOD	LOQ
- Arachidonic acid (C20:4, ARA, Omega-6)			g/100 g	< LOQ	0.02	0.04
- Docosadienoic acid (C22:2, Omega-6)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Eicosapentaenoic acid (C20:5, EPA, Omega-3)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
- Docosahexaenoic acid (C22:6, DHA, Omega-3)			g/100 g	Not Detected	0.02	0.04
Fat			g/100 g	3.38	-	-

Remark : NA = Non Accredited
LOD = Limit of Detection
LOQ = Limit of Quantitation

Approved by

Miss Rungkan Nuandang
Responsible for the Technical management
3 July 2019

3) องค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จะได้รับจากผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนคัดทิ้งตุ๋นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

บริษัท เซ็นทรัลแล็บ (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขากรุงเทพฯ : 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Bangkok Branch : 50 Phaholyothin Rd., Ladyao, Jatujak, Bangkok 10900 Thailand
Tel : (662) 941 4387-8, (662) 940 6881-3 Ext. 164, 218 Fax : (662) 579 4895, (662) 940 6881-3 Ext. 209
http://www.centrallabthai.com

Central Lab
One Stop Total Service

รายงานผลการทดสอบ

วันที่ออกรายงาน 05 มิถุนายน 2562
เลขที่รายงาน TRBK62/16229 Part 2
หน้า 01/02

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า ผศ.ดร.มุสตี ดังวิรินทร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 หมู่ 1 ถนน ฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

รายละเอียดตัวอย่าง เนื้อสะโพกโคขุนตุ๋นยาจีนบรรจุรีทอร์ทเพาซ์
(ข้อมูลจากลูกค้า)

รหัสตัวอย่าง BK62/08099-002

ลักษณะและสภาพตัวอย่าง ประเภทตัวอย่าง : เนื้อสะโพกโคขุนตุ๋นยาจีน
ภาชนะบรรจุ : ถุงรีทอร์ทเพาซ์, จำนวน : 5 ถุง, น้ำหนักปริมาตร : 390 กรัม/ถุง.
อุณหภูมิ : อุณหภูมิห้อง, สภาพตัวอย่างปกติ

วันที่รับตัวอย่าง 03 พฤษภาคม 2562
วันที่ทดสอบ 07 พฤษภาคม 2562 - 05 มิถุนายน 2562

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Amino acid profiles				
Alanine	949.52	mg/100g	-	In-house method based on Official Journal of the European Communities, L257/16
Arginine	996.92	mg/100g	-	
Aspartic acid	1693.22	mg/100g	-	
Cystine	Not Detected	mg/100g	100.00	
Glutamic acid	3975.15	mg/100g	-	
Glycine	805.34	mg/100g	-	
Histidine	543.22	mg/100g	-	
Hydroxylysine	Not Detected	mg/100g	100.00	
Hydroxyproline	Not Detected	mg/100g	200.00	
Isoleucine	628.67	mg/100g	-	
Leucine	1322.12	mg/100g	-	
Lysine	1393.26	mg/100g	-	
Methionine	409.41	mg/100g	-	

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขากรุงเทพฯ : 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Bangkok Branch : 50 Phaholyothin Rd., Ladyao, Jatujak, Bangkok 10900 Thailand
Tel : (662) 561 4387-8, (662) 940 6861-3 Ext. 164, 216 Fax : (662) 579 4895, (662) 940 6861-3 Ext. 209
http://www.centrallabthai.com

Central Lab
One Stop & Fast Services

รายงานผลการทดสอบ

วันที่ออกรายงาน 05 มิถุนายน 2562
เลขที่รายงาน TRBK62/16229 Part 2
หน้า 02/02

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Phenylalanine	656.86	mg/100g	-	
Proline	649.02	mg/100g	-	
Serine	692.92	mg/100g	-	
Threonine	740.37	mg/100g	-	
Tyrosine	541.06	mg/100g	-	
Valine	755.20	mg/100g	-	
Tryptophan	<150.00	mg/100g	-	In-house method based on Food Chemistry 193 (2016)

~End of Report~

อนุมัติโดย

(นางสาว[illegible])
ผู้ประสานงานลูกค้า

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขากรุงเทพฯ

CERTIFIED

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายชัยวุฒิ กู้เมือง
วัน เดือน ปีเกิด	เกิด 14 มิถุนายน 2537
ที่อยู่	20/188 หมู่บ้านอิ่มอัมพร 2 แขวงบาเชือกหนัง เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร 10170
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดอินทาราม จังหวัดกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2559 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง สาขาวิชาสัตวศาสตร์ (เกียรตินิยมอันดับ 2) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2562 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ และประมง สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	ผลงานตีพิมพ์ “Effect of sterility value on qualities of Chinese braised culled steer beef in retort pouch” 8th International Conference on Integration of Science and Technology for Sustainable Development (8th ICIST)
ทุนที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนนักศึกษาจากเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษาตลอดระยะเวลา 4 ภาคการศึกษา ทุนส่งเสริมให้บุคลากรวิจัยในสถาบันอุดมศึกษาไปปฏิบัติงานเพื่อแก้ไขปัญหาและเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตให้กับภาคอุตสาหกรรม (Talent Mobility) ของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัติกรรมแห่งชาติ (สวทน.) และสุระสิงห์ ฟาร์ม ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย