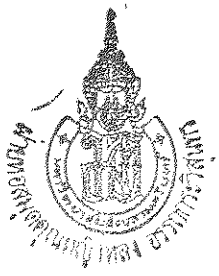


การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อหมูขึ้นรูป

Use of Protein Extract from Chicken Bone Residue in Restructured Pork

กฤษดา ดาวัลย์

Kritsada Dawan

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2541

ก

เลขหมู่ TX556.P8 ก15 2541 ฉ.2

Bib Key 156152

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อหมูขึ้นรูป

ผู้เขียน นายกฤษดา ดาวัลย์

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา	คณะกรรมการสอบ
.....ประธานกรรมการ	.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)	(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)
.....กรรมการ	.....กรรมการ
(ดร.สุกัญญา จันทะชุม)	(ดร.สุกัญญา จันทะชุม)
..ศึกษาต่อต่างประเทศ...กรรมการ	...ศึกษาต่อต่างประเทศ.....กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)	(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)
	.....กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)
	.....กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันทร์พรหมมา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อหมูขึ้นรูป
ผู้เขียน	นายกฤษดา ดาวัลย์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา	2541

บทคัดย่อ

การสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่ด้วยสารละลายผสมของโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 6 โซเดียมไนไตรต์ร้อยละ 0.015 เกลือแอสคอร์เบตร้อยละ 0.05 และโซเดียมไพโรฟอสเฟตร้อยละ 0.3 ในอัตราส่วนสารละลายต่อกระดูกไก่ 1.5 : 1 กระบวนการสกัดได้ผลผลิตโปรตีนสกัดร้อยละ 55.43 โปรตีนสกัดประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน เถ้าและความชื้นร้อยละ 29.63, 22.68, 39.93 และ 89.17 ตามลำดับ การเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในปริมาณร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ในเนื้อหมูขึ้นรูป พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$)ของคุณภาพเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่กับเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็ง การเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อหมูขึ้นรูปทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณเถ้าและค่าสีแดงของเนื้อหมูขึ้นรูปเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง ค่าการสูญเสียจากการหุงต้มและค่าแรงเฉือนของเนื้อหมูขึ้นรูปลดลงเมื่อเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในปริมาณเพิ่มขึ้น เนื้อหมูขึ้นรูปมีสีแดง ความนุ่มและการเชื่อมตัวดีขึ้น ปริมาณโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่เหมาะสมในการเติมลงในเนื้อหมูขึ้นรูปคือร้อยละ 3

การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองในเนื้อหมูขึ้นรูปไม่แตกต่างกับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง เนื้อหมูขึ้นรูปที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณเพิ่มขึ้นมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมันและเถ้าลดลง ค่าสีแดงลดลง ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น สี กลิ่นรสหมู ความฉ่ำน้ำและการเชื่อมตัวลดลง การใช้โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 ร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 ช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อหมูขึ้นรูปให้ดีขึ้นคือ เนื้อหมูขึ้นรูปมีสีแดงขึ้น การกระจายตัวของเนื้อ ความฉ่ำน้ำ ความนุ่มเนื้อและการเชื่อมตัวของเนื้อเพิ่มขึ้นกว่าการใช้โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$)

การเก็บรักษาเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีพีเอชและคุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลง ค่า TBA เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ในช่วง 0 - 6 วัน ในขณะที่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีค่า TBA และกลิ่นออกซิไดซ์เพิ่มขึ้น สีและพีเอชมีแนวโน้มลดลงและผู้บริโภคยังคงยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

Thesis Title	Use of Protein Extract from Chicken Bone Residue in Restructured Pork
Author	Mr. Kritsada Dawan
Major Program	Food Technology
Academic Year	1998

Abstract

Chicken bone, neck and back without skin, were extracted by 6% NaCl solution with 0.015% $NaNO_2$, 0.05% ascorbate and 0.3% $Na_4P_2O_7$ at solvent to bone ratio 1.5 : 1. The process yielded 55.43% of protein extract which was comprised of 29.63, 22.68, 39.93 and 89.17% of protein, fat, ash, and moisture respectively. The restructured pork was made by adding 0, 1.5 and 3% of either protein extract and frozen extract or a mixture of protein extract and soy protein. The chemical composition, physical properties and sensory characteristics of restructured pork made from protein extract and frozen protein extract were not significantly different. The higher protein extract increased a-value, ash, tenderness and cohesiveness but decreased L-value, b-value, shear force and cooking losses. Protein extract slightly increased juiciness, protein and fat content in restructured pork. The 3% protein extract was selected for further preparation of restructured pork.

Adding soy protein to the product decreased its a-value, fat content, meaty odor and binding properties, while increased its protein content. The mixture of protein extract and soy protein improved a-value, juiciness, uniformity, tenderness and cohesiveness. Cooking losses of restructured pork decreased when protein extract level increased. Restructured pork made with mixture of protein extract or frozen protein extract and soy protein was not significantly different on chemical compositions, physical properties and sensory characteristics.

The qualities of restructured pork containing 3%protein extract and the mixture of protein extract and soy protein were studied at storage temperature of 4°C. and -20°C. The TBA value in all treatment increased while pH and sensory qualities decreased .The sensory evaluation of raw products at 4°C. storage was accepted within 6 days. The colour of the sample decreased at -20°C. storage while TBA value and oxidized odor increased. The acceptability was found to be consistant towards the 6 weeks shelf life.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก ประธานกรรมการที่ปรึกษา ดร.สุกัญญา จันทะชุม อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม ที่กรุณาให้คำแนะนำในการค้นคว้าวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพรัตน์ โสภโณดร กรรมการผู้แทนคณะอุตสาหกรรมเกษตร รองศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ พงศ์ดารา กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ที่เป็นกำลังใจในการศึกษาวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย ขอขอบคุณ คุณมาลี สะสมศักดิ์ คุณณัฐพร รัตนพรรณ์ คุณอนิรุทธิ์ ลิ้มตระกูล คุณวีระศักดิ์ สีหบุตร คุณกอบพร ประทุมนพรัตน์ และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตลอดจนเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

กฤษดา ดาวัลย์

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ.....(3)
Abstract.....(5)
กิตติกรรมประกาศ.....(7)
สารบาญ.....(8)
รายการตาราง.....(9)
รายการรูป.....(11)
บทที่
1. บทนำ.....1
บทนำต้นเรื่อง.....1
ตรวจเอกสาร.....3
วัตถุประสงค์.....21
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ.....22
3. ผลและวิจารณ์.....28
4. สรุป.....85
เอกสารอ้างอิง.....87
ภาคผนวก.....97
ประวัติผู้เขียน.....112

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1. องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ไข่และไก่กระทง.....4
2. องค์ประกอบทางเคมีของส่วนที่สกัดได้จากกระดูกไก่.....8
3. องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่
และโปรตีนถั่วเหลือง.....29
4. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....32
5. ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....35
6. ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....39
7. ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....41
8. การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติม
โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....45
9. การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติม
โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....48
10. การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติม
โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....51
11. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่
และโปรตีนถั่วเหลือง.....56
12. ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง.....59
13. ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่
และโปรตีนถั่วเหลือง.....62
14. ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่
และโปรตีนถั่วเหลือง.....64

รายการตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

15. การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติม
โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง.....67
16. การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติม
โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง.....70
17. การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติม
โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง.....73
18. คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บรักษาที่
อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....77
19. คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บรักษาที่
อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส.....81

รายการรูป

รูปที่ หน้า

1. การสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกสัตว์ปีกโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์.....5
2. การสกัดโปรตีนจากกระดูกโดยใช้ด่างสกัดและตกตะกอนด้วยกรด.....7
3. Outline flow process chart ของการสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่โดยใช้
สารละลายโซเดียมคลอไรด์.....24
4. Outline flow process chart ของการผลิตเนื้อหมูขึ้นรูป.....26
5. ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูขึ้นรูป.....30
6. เนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....34
7. เนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....38
8. ค่าแรงเฉือนของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....42
9. ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มของเนื้อหมูขึ้นรูปที่
เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่.....46
10. เนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง.....58
11. เนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง.....61
12. ค่าแรงเฉือนของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และ
โปรตีนถั่วเหลือง.....65
13. ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีน
สกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง.....68
14. คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บรักษา
ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....78
15. คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บรักษา
ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส.....82
รูปผนวกที่ 1 เครื่อง Lloyd instrument testing LR 30K.....105

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

เนื้อขึ้นรูป (restructured meat) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีในการแปรสภาพเศษเนื้อชิ้นเล็กชิ้นน้อยมาอัดแน่นรวมตัวกันเป็นก้อนใหญ่ ก่อนถูกนำไปประกอบอาหารต่อไป (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) เนื้อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อที่มีคุณภาพต่ำและราคาถูกเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากเศษเนื้อเป็นวัตถุประสงค์หลัก (Marriott, *et al.*, 1986) เพื่อเพิ่มความสะดวกในการตัดแต่งเสิร์ฟ สามารถคาดการณ์ผลผลิตและการเสิร์ฟที่แน่นอนได้ (Pearson and Tuaber, 1984) สามารถกำหนดขนาด รูปร่างและองค์ประกอบต่างๆได้ (Marriott, *et al.*, 1987) เนื้อขึ้นรูปอาจเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เป็นชิ้นเล็กเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดแล้วขึ้นรูปให้เป็นชิ้นเนื้อลักษณะเดิมหรือต่างกันโดยมีเนื้อสัมผัสคล้ายชิ้นเนื้อปกติ เช่น เนื้อสเต็ก เนื้ออบ เนื้อย่าง เป็นต้น หรืออาจรวมทั้งผลิตภัณฑ์เนื้อที่มีการตัดและขึ้นรูปใหม่ด้วย การผลิตเนื้อขึ้นรูปอาศัยหลักการเชื่อมตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวของเส้นใยกล้ามเนื้อและโปรตีนที่ละลายได้ในกล้ามเนื้อโดยเฉพาะโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือมีคุณสมบัติเชื่อมประสานชิ้นเนื้อได้ดีที่สุด การทำเนื้อขึ้นรูปนั้น เนื้อสัตว์เป็นวัสดุพื้นฐานที่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพและต้นทุนของผลิตภัณฑ์เนื้อเยื่อจากสัตว์มีความแปรปรวนของความชื้น โปรตีน ไขมัน สีและความสามารถในการประสานตัวของน้ำและไขมันค่อนข้างสูง ปกติเนื้อสัตว์มีความสามารถในการอุ้มน้ำและยึดตัวอยู่แล้ว แต่มีความแตกต่างกันไปตามชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบนั้นๆ การใช้สารยึดเกาะ (binder) เป็นวิธีการที่ช่วยจับยึดผลิตภัณฑ์เหล่านี้ให้ดียิ่งขึ้นและช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ด้วย สารยึดเกาะมีความหมายว่าเป็นวัสดุมิใช่เนื้อที่เติมเข้าไปเพื่อช่วยในการยึดเกาะน้ำและช่วยให้อีมัลชันคงทนด้วยการทำหน้าที่เป็นอีมัลซิฟายเออร์ การใช้สารยึดเกาะซึ่งมีคุณสมบัติในการเชื่อมตัวกับน้ำและไขมัน ทำให้เกิดความคงตัวของอีมัลชันเกิดการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อทั้งดิบและสุกได้ดีขึ้น สารยึดเกาะที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มักเป็นพวกที่มีโปรตีนสูง (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) โปรตีนที่มีคุณภาพจะหายากและมีราคา

แพง จึงมีความพยายามหาโปรตีนจากแหล่งใหม่เพื่อการทดแทน เช่น สาหร่าย ใบพืช หรือจากวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น โปรตีนจากหัวปลา โปรตีนจากกระดูกสัตว์ เป็นต้น โดยเฉพาะ โปรตีนจากกระดูกไก่

ปัจจุบันมีการเลี้ยงไก่แบบอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น ไก่เป็นสัตว์ปีกที่สามารถเปลี่ยนอาหารให้เป็นโปรตีนได้ดีที่สุดในบรรดาสัตว์ที่เลี้ยงเป็นอาหาร สัตว์ปีกเป็นอาหารโปรตีนที่มีราคาถูก ผู้บริโภคสามารถใช้ทดแทนเนื้อแดงได้ทำให้มีการบริโภคเพิ่มขึ้น การชำแหละไก่ขายทั้งตัวหรือถอดกระดูกมีส่วนทิ้งคือ กระดูก การถอดกระดูกไก่อาจถอดด้วยมือหรือเครื่องถอดกระดูก ซึ่งได้ผลผลิต 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อและส่วนที่เป็นกระดูก Kijowski และNiewiarowicz (1985) รายงานว่า กระบวนการถอดกระดูกไก่ให้ผลผลิตส่วนเนื้อ ร้อยละ 50 - 80 และส่วนกระดูกร้อยละ 20 - 50 ซึ่งในกระดูกสามารถสกัดโปรตีนอยู่ในรูปโปรตีนสกัด เพื่อนำมาใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อ นับว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทิ้งที่น่าให้ความสนใจ

ตรวจเอกสาร

1. องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่

กระดูกสัตว์ประกอบไปด้วยเซลล์ fibrous elements และ ground substance ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่เหมือนกับในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน แต่แตกต่างกันที่ ground substance ของกระดูกเป็นแคลเซียมเกือบทั้งหมด ทำให้กระดูกมีลักษณะเป็นของแข็ง สามารถเสริมสร้างกันขึ้นเป็นโครงร่างของร่างกายสัตว์ เป็นหลักให้กล้ามเนื้อและเอ็นสามารถยึดติดเข้าด้วยกันเป็นรูปร่างของสัตว์และสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้โดยสะดวก กระดูกเป็นแหล่งเก็บและจ่ายแร่ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียมและธาตุเหล็ก (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) กระดูกไก่เริ่มต้นจากกระดูกอ่อนและมีการเจริญแข็งตัวขึ้นโดยมีการสะสมเกลืออินทรีย์ต่างๆ เช่น แคลเซียมและฟอสเฟต กระดูกไก่เป็นวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์ที่ผ่านการแยกเนื้อและกระดูกออกจากกัน และพบว่าในส่วนของกระดูกยังมีส่วนของโปรตีนอยู่ (Kijowski, *et al.*, 1985) Jackson และคณะ (1982) รายงานว่า การถอดกระดูกไก่ด้วยเครื่องถอดกระดูกทำให้ได้ส่วนเหลือทิ้งมาก มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 17 และไขมันร้อยละ 13 Kijowski และ Niewiarowicz (1985) ศึกษาองค์ประกอบของกระดูกไก่ไข่และไก่กระทงพบว่า องค์ประกอบในกระดูกส่วนใหญ่เป็นคอลลาเจนร้อยละ 35 - 40 ไขมันร้อยละ 8 - 10 และอนุภาคกระดูกร้อยละ 33 - 34 ของน้ำหนักกระดูก องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ไข่และไก่กระทงต่างกันเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ไข่และไก่กระทง(ร้อยละ)

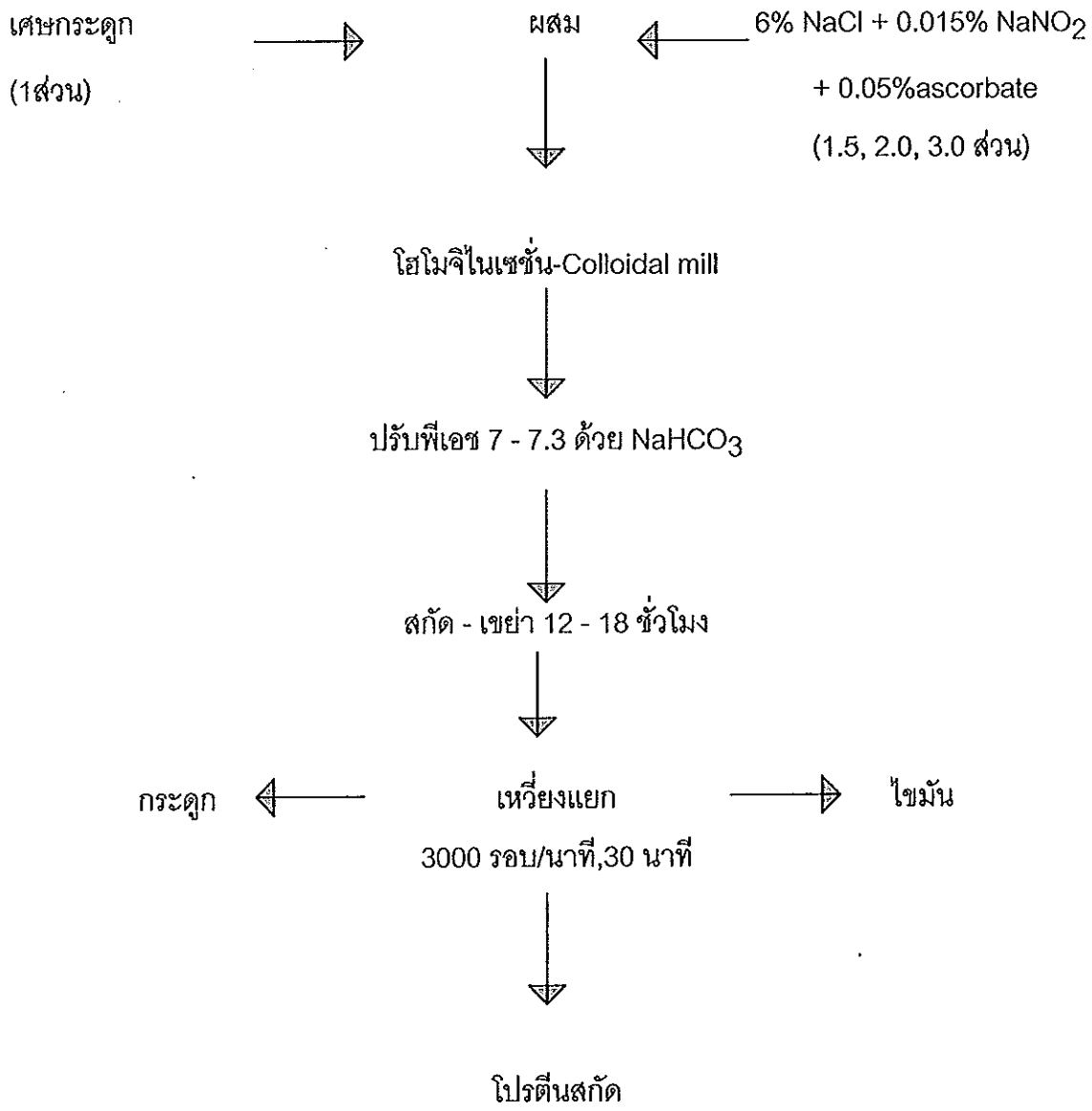
ชนิด	น.น.แห้ง	ปริมาณโปรตีนรวม(Nx6.25)	คอลลาเจน (ร้อยละของโปรตีนรวม)	ไขมัน	เถ้า	อนุภาคกระดูก
ไก่กระทง	36.6	20.0	35.3	10.1	6.6	33.0
ไก่ไข่	36.1	20.9	40.2	7.8	7.2	34.1

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kijowski และ Niewiarowicz (1985)

2. วิธีการสกัดโปรตีนจากกระดูก

2.1 การสกัดโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์

Kijowski และ Niewiarowicz (1985) รายงานวิธีการสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่กระทงและไก่ไข่โดยใช้กระดูกส่วนหลังและคอที่มีหนังติดอยู่ ด้วยสารสกัดที่ประกอบด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 6 ผสมกับโซเดียมไนไตรต์ร้อยละ 0.015 และแอสคอร์เบตร้อยละ 0.05 ในอัตราส่วนสารสกัดต่อกระดูก 1.5 : 1, 2 : 1 และ 3 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ทำการผสมแล้วเขย่า 12 - 18 ชั่วโมง แล้วแยกเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที รินแยกชิ้นส่วนของกระดูกและไขมันออกได้ส่วนของโปรตีนสกัด พบว่าการใช้อัตราส่วน 1.5 : 1 และเติมโซเดียมไพโรฟอสเฟตร้อยละ 0.3 มีประสิทธิภาพการสกัดโปรตีนสูงสุด วิธีการสกัดแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกสัตว์ปีกโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kijowski และ Niewiarowicz (1985)

2.2 การสกัดโปรตีนด้วยด่างและตกตะกอนด้วยกรด

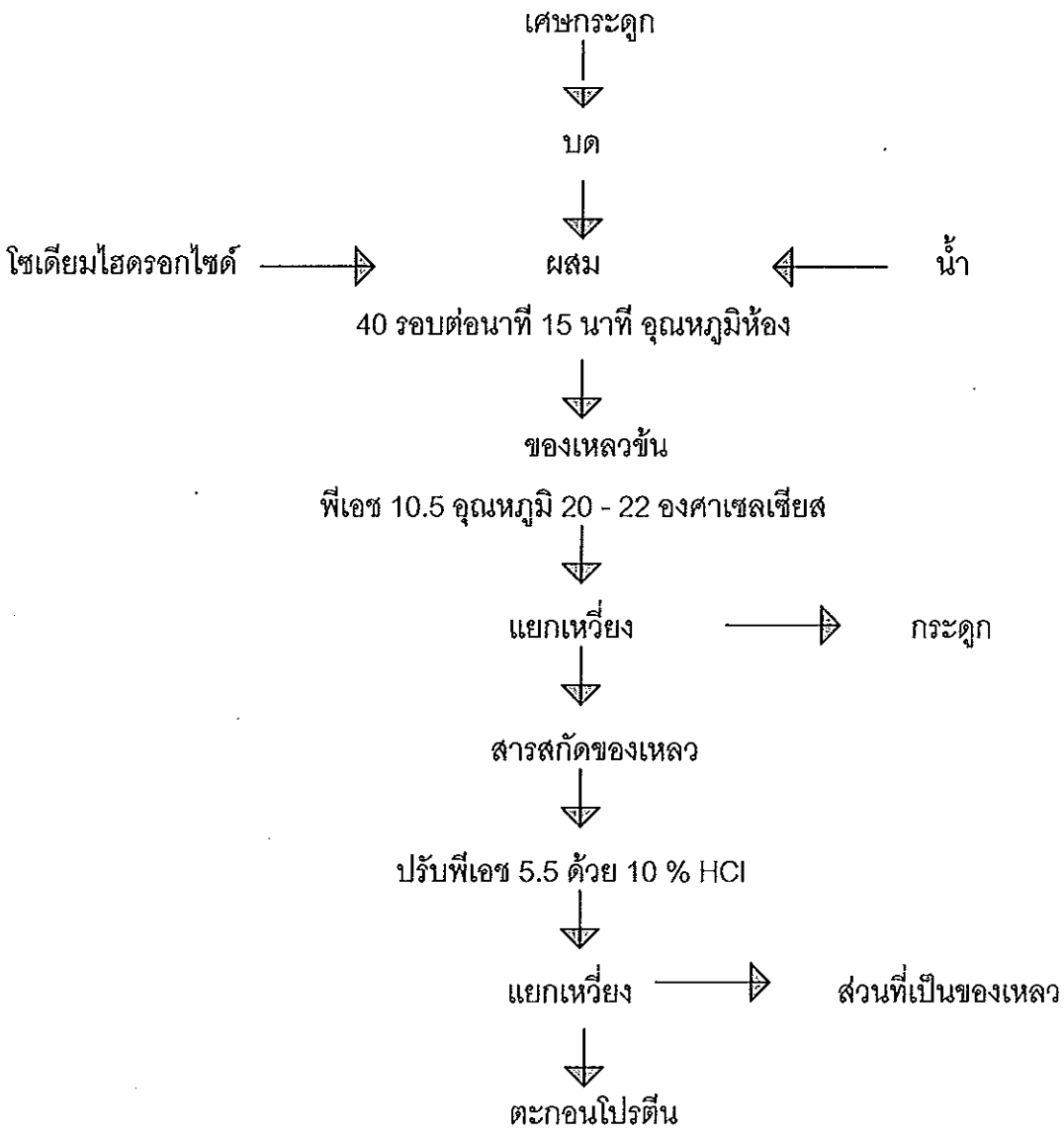
Jelen และคณะ (1979) ได้ศึกษาการสกัดโปรตีนจากกระดูกโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ผสมกับกระดูกในเครื่องผสม ปั่นด้วยความเร็ว 40 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที แล้วทำการแยกเหวี่ยงส่วนกระดูกทิ้งไป นำส่วนของเหลวข้นที่เหลือมาปรับพีเอชด้วยกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 10 ทิ้งค้างคืนไว้ที่ 3 องศาเซลเซียสเพื่อให้โปรตีนตกตะกอน แยกเหวี่ยงส่วนของของเหลวทิ้งไป พบว่าตะกอนโปรตีนมีความชื้นร้อยละ 55 - 75 โปรตีนร้อยละ 10 - 12 และเถ้าน้อยกว่าร้อยละ 0.5 การใช้ด่างอย่างอ่อนสกัดโปรตีนจากกระดูกมีประสิทธิภาพมากที่สุดที่อุณหภูมิห้อง (Jelen, *et al.*, 1979) Xiong (1992) รายงานว่า ที่ใกล้จุดไอโซอีเล็กตริกของโปรตีนไมโอไฟบริลลา ประจุสุทธิของโปรตีนจะลดลงในปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำ แต่เพิ่มขึ้นในปฏิกริยาของโปรตีนกับโปรตีน ทำให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง วิธีการสกัดแสดงดังรูปที่ 2

2.3 การสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์

Surowka และ Fik (1992) ทำการสกัดโปรตีนจากหัวไก่โดยใช้เอนไซม์โปรตีเอสจาก *Bacillus subtilis* โดยนำหัวไก่มาบดด้วยเครื่องบดเนื้อที่มีขนาดรูบดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร บดผสมกับน้ำกลั่นระดับต่างๆและปรับพีเอชโดยเริ่มจาก 5.0 เพิ่มขึ้นทีละ 0.5 จนถึงระดับพีเอช 10 ผสมเอนไซม์ลงไปในอัตราส่วนร้อยละ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 บ่มที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ สภาวะที่มีน้ำร้อยละ 75 ผสมเอนไซม์ร้อยละ 0.2 พีเอช 7 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสและใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง ได้ปริมาณโปรตีนรวมทั้งหมดร้อยละ 78.1 ของส่วนที่สกัดได้

3. องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

Jackson และคณะ(1982) รายงานว่า วิธีการสกัดโปรตีนด้วยด่างและตกตะกอนด้วยกรดมีประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนต่ำกว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์ การวิเคราะห์หาจุลินทรีย์พบว่าโปรตีนที่สกัดได้จากด่างมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณ coliform น้อยกว่า 10^5 - 10^6 cfu/g และ 10 - 10^3 cfu/g ตามลำดับ โปรตีนที่ได้จากการสกัดด้วยโซเดียมคลอไรด์ไม่มีผลที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภค สามารถ



รูปที่ 2 การสกัดโปรตีนจากกระดูกโดยใช้ด่างสกัดและตกตะกอนด้วยกรด

ที่มา : ดัดแปลงจาก Jelen และคณะ (1979)

นำไปใช้ในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Kijowski and Niewiarowicz, 1985) Jelen (1979) ทำการสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่ด้วยด่างพบว่ามีโปรตีนร้อยละ 10 - 12 ส่วน Young (1976) รายงานผลการแยกสกัดโปรตีนจากกระดูกส่วนหลังและคอของไก่เนื้อ พบว่ามีส่วนของแข็งร้อยละ 40 ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 43 ไขมันร้อยละ 32 และเถ้าร้อยละ 25 Kijowski และ Niewiarowicz (1985) รายงานว่า ส่วนตะกอนโปรตีนที่สกัดด้วยโซเดียมคลอไรด์มีปริมาณสสารแห้ง โปรตีนและไขมันร้อยละ 20.2, 9.1 และ 4.7 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีของส่วนที่สกัดได้จากกระดูกไก่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนที่สกัดได้จากกระดูกไก่(ร้อยละ)

ผลิตภัณฑ์	สสารแห้ง	โปรตีนรวม(Nx6.25)	ไขมัน
ตะกอนโปรตีนที่สกัดจากกระดูกไก่ด้วยโซเดียมคลอไรด์[1]	20.0	9.1	4.7
ตะกอนโปรตีนที่สกัดจากกระดูกไก่ด้วยด่างและตกตะกอนด้วยกรด[2]	13.9	7.5	5.5

ที่มา : [1] Kijowski และ Niewiarowicz (1985)

[2] Jelen และคณะ (1982)

4. การใช้ประโยชน์โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

Kijowski และ Niewiarowicz (1985) ได้ทำการสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 6 ผสมกับโซเดียมไนไตรต์ร้อยละ 0.015 แอสคอร์เบตร้อยละ 0.05 และโซเดียมไพโรฟอสเฟตร้อยละ 0.3 โดยใช้อัตราส่วนตัวทำละลายต่อกระดูก

1.5 : 1 นำส่วนที่สกัดได้มาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่โดยแทนที่น้ำ พบว่าการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกแทนที่น้ำทั้งหมดเพิ่มปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 1.2 - 2 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่เติม การเติมโปรตีนสกัดมีผลให้ความคงตัวของอีมัลชันและความหนืดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่เพิ่มขึ้น รวมทั้งได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพิ่มขึ้น

5. การแปรรูปเนื้อสัตว์

เนื้อแปรรูป แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ผลิตภัณฑ์ลดขนาด (comminuted products) และผลิตภัณฑ์ขนาดเดิม (non-comminuted products) ผลิตภัณฑ์ขนาดเดิมมีโครงสร้างสุดท้ายของเนื้อยังคงรูปและมีโครงสร้างเหมือนเนื้อสดธรรมดา ส่วนที่แตกต่างกันอยู่ที่มีการเติมส่วนประกอบอื่นๆ แล้วทำให้สุกตามกรรมวิธีของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยรูปร่างและโครงสร้างของกล้ามเนื้อยังคงรูปลักษณะเป็นก้อนเนื้อเหมือนเดิม (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) การลดขนาด (comminution) หมายถึง การที่ขนาดชิ้นส่วนของเนื้อสดถูกลดให้มีขนาดเล็กย่อยลงไปกว่าเดิมเพื่อรวมตัวกันไปเป็นรูปร่างอีกแบบหนึ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ลดขนาดมักหมายถึงไส้กรอกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ตามลักษณะโครงสร้างภายในและการลดขนาดชิ้นส่วนของเนื้อ ได้แก่ กลุ่มบดละเอียดอีมัลชั่น(emulsion) และกลุ่มบดหยาบ(course ground) ไส้กรอกบดหยาบ หมายถึง ไส้กรอกที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบดเนื้อธรรมดาจนเนื้อถูกลดขนาดลงไป แต่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไปถึงในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ ส่วนไส้กรอกบดละเอียดอีมัลชั่น หมายถึง ไส้กรอกที่เนื้อถูกบดและสับละเอียดจนทำให้โครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง มีโปรตีนไมโอซินสกัดออกมานอกเส้นใย ทำให้ส่วนผสมเปลี่ยนไปเป็นมวลเหนียวลักษณะอีมัลชั่น ความหนืดของส่วนผสมขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาเป็นสำคัญ (Borderias, *et al.*, 1985) ไส้กรอกแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ตามวิธีทำหรือขบวนการผลิตได้เป็น 6 ชนิด คือ ไส้กรอกสด ไส้กรอกรมควัน ไส้กรอกรมควันสุก ไส้กรอกสุก ไส้กรอกหมักเปรี้ยวและเนื้อสุกพิเศษ

6. เนื้อขึ้นรูป

เนื้อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อที่มีคุณภาพต่ำและเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากเศษเนื้อเป็นวัตถุประสงค์หลัก (Marriott, *et al.*, 1986) เพื่อเพิ่มความสะดวกในการตัดแต่งเสิร์ฟ สามารถกำหนดขนาด รูปร่าง และองค์ประกอบต่างๆได้ (Marriott, *et al.*, 1987) การผลิตเนื้อขึ้นรูปอาศัยหลักการของการเชื่อมตัวของกล้ามเนื้อซึ่งเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวของเส้นใยกล้ามเนื้อและโปรตีนที่ละลายอยู่ในกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือมีคุณสมบัติเชื่อมประสานชิ้นเนื้อได้ดีที่สุด อาจมีการใช้สารยึดเกาะซึ่งมีคุณสมบัติในการเชื่อมตัวกับน้ำและไขมัน ทำให้เกิดความคงตัวของอีมัลชันและเกิดการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อทั้งดิบและสุกได้ดีขึ้น

7. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตเนื้อขึ้นรูป

7.1 สารยึดเกาะ

สารยึดเกาะ มีความหมายว่า วัสดุมิใช่เนื้อที่เติมเข้าไปเพื่อช่วยในการยึดเกาะน้ำและช่วยให้อีมัลชันคงทนด้วยการทำหน้าที่เป็นอีมัลซิฟายเออร์ สารยึดเกาะที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มักเป็นพวกที่มีโปรตีนสูง (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) โปรตีนที่ละลายในเกลือมีผลต่อคุณสมบัติการเกิดอีมัลชั่นได้มากกว่าโปรตีนที่ละลายในน้ำ (Borderias, *et al.*, 1985) สารยึดเกาะมีทั้งชนิดที่เป็นโปรตีนเนื้อและไม่ใช่โปรตีนเนื้อ

7.1.1 โปรตีนเนื้อ (meat protein)

ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปอยู่ในลักษณะของอีมัลชันของเนื้อในแบบไขมันในน้ำ (oil in water) ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ระบบ คือ ส่วนของเหลวต่อเนื่อง ซึ่งมีชิ้นเนื้อกระจายตัวอยู่ในน้ำและส่วนที่กระจายซึ่งได้แก่ อนุภาคไขมัน โดยมีเส้นใยกล้ามเนื้อและเส้นใยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันกระจายตัวอยู่ในน้ำร่วมกับโปรตีนที่ละลายน้ำและส่วนประกอบของกล้ามเนื้อชนิดอื่นที่ละลายน้ำได้ โปรตีนที่ละลายและกระจายอยู่ประกอบด้วยโปรตีนไมโอไฟบริลลาและโปรตีนซาร์โคพลาสมิกล้อมรอบผิวของไขมันอยู่ในส่วนที่กระจายเป็นอีมัลซิฟายเออร์ การคลายตัวและตกตะกอนของโปรตีนขณะได้รับความร้อนเกิดเป็นเส้นใยตาข่ายโปรตีน 3 มิติ (Lavelle and Foegeding, 1993) อุ้มอนุภาคไขมันและน้ำไว้ด้วยแรงคะบิลลารี (capillary) และเกิดความคงตัวของอีมัลชัน ความสามารถในการรวมตัวขององค์ประกอบขึ้นกับความสามารถในการเกิดปฏิกริยาของน้ำกับโปรตีน โปรตีนกับโปรตีนและโปรตีนกับไขมัน (Wang and Zayas, 1992) โปรตีนไมโอไฟบริลลา

มีประสิทธิภาพเป็นอีมัลซิฟายเออร์ได้ดีกว่าโปรตีนซาร์โคพลาสมิก เกลือร้อยละ 2.5 - 3.0 ทำให้เกิดการสกัดและการละลายของโปรตีนไมโอไฟบริลลาได้มากขึ้น โปรตีนคอลลาเจนมีคุณสมบัติเชื่อมน้ำในอีมัลชันได้ แต่จะหดตัวและเปลี่ยนเป็นเจลาตินบางส่วนได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน โดยเฉพาะความร้อนชื้นทำให้ไม่สามารถเชื่อมอนุภาคได้ (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) เนื้อที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและไขมันมากมีความสามารถในการเชื่อมตัวของชิ้นเนื้อน้อย การเอาโปรตีนซนิดซาร์โคพลาสมิกออกทำให้การเชื่อมตัวของเนื้อวัวขึ้นรูปดีขึ้น (Kenney, *et al.*, 1992) แหล่งของโปรตีนมีผลต่อความแตกต่างในคุณสมบัติการทำหน้าที่ของโปรตีน เช่น การเป็นอีมัลซิฟายเออร์ ความหนืด การเกิดฟอง ความสามารถในการละลายและการเชื่อมตัวของน้ำกับไขมัน (Wang and Zayas, 1992) ความสามารถในการยึดเกาะและการสร้างอีมัลชั่นขึ้นกับคุณสมบัติของโปรตีนมีความปรวนแปรจากปัจจัย 2 ประการ คือ ปริมาณของโปรตีนที่ละลายได้ของเนื้อและความสามารถในการสร้างอีมัลชั่นของโปรตีนในเนื้อ ตัวอย่างเช่น เนื้อแม่โคมีโปรตีนละลายได้ต่ำกว่าเนื้อจากส่วนแก้มของสุกรเล็กน้อย แต่มีความสามารถในการประสานไขมันได้ดีกว่าเนื้อแก้มสุกรเพราะเนื้อโคมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำกว่าและมีปริมาณโปรตีนเส้นใยฝอยสูงกว่า (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) การใช้เนื้อไก่ถอดกระดูกผสมในไส้กรอกหมูผสมเนื้อวัวรมควันทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น แรงยึดเกาะเพิ่มขึ้นและทุกระดับการผสมเป็นที่ยอมรับ (Jantawat and Carpenter, 1989) การผลิตเนื้อหมูผสมเนื้อวัวบดมีการยอมรับทางประสาทสัมผัส รสชาติและความนุ่มดีกว่าการผสมโปรตีนถั่วเหลืองลงไปด้วย (Miller, *et al.*, 1987)

7.1.2 **สารอื่นที่ไม่ใช่โปรตีนเนื้อ** (non - meat protein)

สารอื่นที่ไม่ใช่โปรตีนเนื้อมักเป็นพวกที่มีโปรตีนสูง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองหรือนมผง ประเภทผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ได้แก่ แป้งถั่วเหลือง ถั่วเหลืองปน โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและโปรตีนถั่วเหลืองสกัด แป้งถั่วเหลืองและถั่วเหลืองปนมีโปรตีนร้อยละ 40 - 60 โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นมีโปรตีนสูงประมาณร้อยละ 70 และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีโปรตีนประมาณร้อยละ 90 (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) manufactured vegetable protein (MVP) เป็นส่วนผสมของแป้งถั่วเหลืองกับวัตถุดิบอื่นๆ ที่ช่วยเพิ่มรสชาติและสีสัน มีโปรตีนประมาณร้อยละ 50 และความชื้นร้อยละ 7 นมผงปราศจากไขมันเป็นนมผงที่เอาความชื้นออกแล้วและสามารถดูดน้ำได้ถึงครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำหนักมีโปรตีนร้อยละ 35 นิยมใช้แพร่หลายในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ช่วยเพิ่ม

การอุ้มน้ำและมีราคาถูกกว่าโปรตีนเนื้อคุณภาพสูง แป้งสาลี แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวอื่นๆไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากมีกลิ่นรสแป้งซึ่งผู้บริโภคไม่ชอบและสร้างอีมัลชันได้ต่ำ Hung และ Zayas (1992) รายงานว่า การใช้โปรตีนแป้งข้าวโพด โปรตีนนม โปรตีนหางนมเข้มข้นและโซเดียมเคซีเนตสามารถลดการสูญเสียปริมาณผลผลิตของไส้กรอกแฟรงก์เฟอเตอร์ได้ แต่การใช้สารพวกนี้ทำให้กลิ่นรสเนื้อลดลง USDA ซึ่งเป็นองค์กรควบคุมการใช้สารเหล่านี้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกของสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้ธัญพืช แป้ง แป้งถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น โปรตีน ถั่วเหลืองสกัดและนมผงพร่องมันเนยได้สูงสุดไม่เกินร้อยละ 3.5 ในผลิตภัณฑ์เนื้อ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดไม่เกินร้อยละ 2 และถ้ามีสารอื่นที่ไม่ใช่เนื้อมากกว่าร้อยละ 3.5 หรือโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมากกว่าร้อยละ 2 ต้องบอกกำกับไว้ในฉลาก (Pearson and Tuaber, 1984)

7.1.2.1 สารยึดเกาะกลุ่มโปรตีนถั่วเหลือง

โปรตีนถั่วเหลืองนิยมใช้และยอมรับกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ (Miller, *et al.*, 1987) ได้แก่ แป้งโปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ใช้เป็นสารเสริมโปรตีนและมีคุณสมบัติในการเกิดเจล ช่วยเพิ่มการยึดติดกันของชิ้นเนื้อและเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและไขมัน (Pearson and Tuaber, 1984) การใช้แป้งโปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและแป้งข้าวโพดปริมาณร้อยละ 35 ผสมในไส้กรอกแฟรงก์เฟอเตอร์มีคอเลสเตอรอลต่ำกว่าและโปรตีนสูงกว่าการใช้เนื้อเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีความแตกต่างของสีและลักษณะเนื้อสัมผัส (Wang and Zayas, 1992) โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นร้อยละ 1.5 - 2.5 ไม่มีผลต่อพีเอชของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบ คุณภาพเนื้อหมูขึ้นรูปดิบดีขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อการยอมรับรวมของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบ ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นที่เหมาะสำหรับการผลิตเนื้อหมูขึ้นรูปคือร้อยละ 2.5 (บุปผา แซ่จั่ง, 2534) การใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มปริมาณผลผลิตและปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ได้มากกว่าการใช้โซเดียมเคซีเนต (Gillett and Carpenter ,1992)

7.1.2.2 สารยึดเกาะกลุ่มโปรตีนนม

ผลิตภัณฑ์โปรตีนนมที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ ได้แก่ นมผงพร่องไขมัน นมผงพร่องไขมันและแคลเซียม หางนมผงแห้ง โปรตีนหางนมเข้มข้นและเคซีเนต นมผงพร่องไขมันนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก เนื่องจากช่วยในการอุ้มน้ำและไขมัน มีราคาถูกกว่าโปรตีนเนื้อคุณภาพสูง ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ มีปริมาณโปรตีนสูงและปริมาณไขมันต่ำ (Pearson and Tuaber,1984)

นมผงพร่องไขมันร้อยละ 2.0 - 4.0 ทำให้พีเอชและคุณภาพสีของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบดีขึ้น (บุปผา แซ่จั่ง, 2534) คุณสมบัติในการเกิดเจลและการละลายของโปรตีนหางนมเข้มข้นในผลิตภัณฑ์เนื้อเปลี่ยนแปลงตามลักษณะการให้ความร้อนในระหว่างการเตรียมโปรตีนจากหางนม (Beuschel, *et al.*, 1992)

7.2 เกลือ

การใช้เกลือในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อลดความชื้นหรือ a_wของอาหารลง ลดการแพร่กระจายของออกซิเจนและดึงน้ำออกจากเซลล์ของจุลินทรีย์ เป็นสารที่ใช้ในการถนอมอาหารและให้รสเค็มแก่ผลิตภัณฑ์อาหาร การใช้เกลือในผลิตภัณฑ์เนื้อมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มการจับตัวของเนื้อ ลดการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เพิ่มคุณสมบัติในการรวมตัวของโปรตีนกับส่วนผสมอื่น เช่น ไขมันและน้ำ เกิดความคงตัวที่ดีมีการรวมตัวของไขมันและน้ำเป็นลักษณะอีมัลชั่น ช่วยลดระยะเวลาในการให้ความร้อนหรือการฆ่าเชื้อและช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติดียิ่งขึ้น เนื้อนุ่มขึ้น การใช้โซเดียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์เนื้อวัวบดทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งและมีความนุ่มน้อยกว่าการผสมด้วยโปแตสเซียมคลอไรด์ แต่ไม่มีผลแตกต่างในด้านความชุ่มฉ่ำ กลิ่นรสและความอร่อย (Johnson, *et al.*, 1989) การใช้โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 - 2.0 ทำให้การสูญเสียผลผลิตลดลง (Brewer, *et al.*, 1986) Jones และคณะ (1988) รายงานว่า การใช้โซเดียมคลอไรด์สามารถลดการสูญเสียผลผลิตได้มากกว่าการใช้โปแตสเซียมคลอไรด์แทนที่ในปริมาณร้อยละ 50 แต่ไม่มีความแตกต่างทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในเนื้อแกะขึ้นรูป ที่ความเข้มข้นของเกลือมากกว่า 0.1 โมลาร์ พีเอชมีผลต่อการเกิดเจล โดยที่พีเอช 6.0 - 6.4 พบว่า เจลที่เกิดมีความแข็งและมีค่าแรงเฉือนสูงกว่าที่พีเอชอื่น (Lavelle and Foegeding, 1993) การใช้เกลือร้อยละ 2.2 และฟอสเฟตร้อยละ 0.5 ในผลิตภัณฑ์ทำให้โปรตีนเริ่มเกิดเจลที่ 52 องศาเซลเซียส (Bater, *et al.*, 1992)

7.3 ฟอสเฟต

สารประกอบฟอสเฟตในไส้กรอกช่วยเพิ่มความสามารถของเกลือในการสกัดโปรตีนออกมาได้ดีขึ้น ทำให้ความสามารถในการห่อหุ้มไขมันและตรึงน้ำในส่วนผสมดีขึ้น สารประกอบฟอสเฟตที่ใช้สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่มด้วยกันคือ ออโธฟอสเฟต ไตรโพลีฟอสเฟต ไซคลิกเมตาฟอสเฟต ไพโรฟอสเฟต เตตราโพลีฟอสเฟตและโพลีฟอสเฟตโซ่ยาว ฟอสเฟตแต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติและข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน เตตราโซเดียมไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตช่วยในการอุ้มน้ำได้ดีที่สุด

ในทางการค้าจะใช้ฟอสเฟตกลุ่มต่างๆผสมกันเพื่อให้เกิดผลดีที่สุดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในทุกๆด้าน ฟอสเฟตทุกชนิดที่อนุญาตให้ใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อนั้น พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 ระบุปริมาณสูงสุดที่ให้ใช้ 3,000 มก./ กก. ในสหรัฐอเมริกากำหนดให้มีปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อได้สูงสุดร้อยละ 0.5 ฟอสเฟตที่ใช้มักอยู่ในรูปของโพลีฟอสเฟต เมตาฟอสเฟตและไพโรฟอสเฟต (สงวน จันทรากูล, 2530) ปฏิกริยาของฟอสเฟตคาดว่าเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงพีเอช ความแรงของอิออนและการกระทำทางกายภาพต่อโปรตีนทำให้เนื้อสัตว์มีการจับน้ำดีขึ้น ความชุ่มฉ่ำและความรู้สึกในการบดเคี้ยวดีขึ้น (Jantawat and Carpenter, 1989) ช่วยปรับปรุงสีในเนื้อหมักโดยพีเอชระหว่าง 6.0 - 6.6 ช่วยให้สีแดงสดคงอยู่ได้ ผู้บริโภคมักสังเกตสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์เป็นพื้นฐานในการบ่งชี้ความปลอดภัยและการยอมรับเพื่อการบริโภค (Brewer, *et al.*,1992) ฟอสเฟตทำให้เนื้อนุ่มขึ้น ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำในเนื้อ เพิ่มความสามารถในการละลายโปรตีนทำให้โปรตีนจับหรือรวมตัวกับสารอื่นได้ดีขึ้น ช่วยเสริมกลิ่นรสให้ดีขึ้น ป้องกันการเหม็นหืนและปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส Jantawat และ Carpenter (1989) รายงานว่า การผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตสามารถเพิ่มผลผลิตในไส้กรอกได้มากกว่าการไม่ใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตผสม และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเชื่อมตัวในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ การใช้โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตลดพีเอชและผลผลิตของไส้กรอกลง แต่ช่วยปรับปรุงสีของไส้กรอกในระหว่างการเก็บรักษา 0 - 3 วัน (Reddy, *et al.*, 1987) ปริมาณฟอสเฟตที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อหมูขึ้นรูปคือร้อยละ 0.5 (บุปผา แซ่จั่ง, 2534)

7.4 **ไนเตรตและไนไตรต์**

การผลิตไส้กรอกมีการเติมเกลือไนเตรตและไนไตรต์ลงไปด้วยเพื่อทำหน้าที่ดังนี้

1. สร้างสีให้ผลิตภัณฑ์ โดยไนตริกออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินได้สารไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน เมื่อถูกความร้อนจะเปลี่ยนเป็นไนโตรโซฮีโมโครมซึ่งมีสีชมพูสดน่ารับประทาน
2. ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Clostridium botulinum*
3. ให้กลิ่นและรสชาติเฉพาะกับผลิตภัณฑ์
4. สามารถยับยั้งการหืนของไขมัน

ไนเตรตเป็นสารที่คงตัวและต้องอาศัยจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยไนเตรตให้เป็นไนไตรต์ก่อน เช่น *Micrococcus spp.* และ *Staphylococcus spp.* หลังจากนั้นจึงแตกตัวเป็นไนตริกออกไซด์เพื่อเข้าทำปฏิกิริยาต่างๆ หากในกระบวนการผลิตไม่มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านี้ ไนเตรตจะไม่มีการแตกตัวและตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ไปจนถึงผู้บริโภค ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 20 (2517) อนุญาตให้ใช้ไนเตรตได้สูงสุด 500 ส่วนในล้านส่วนและไนไตรต์ 200 ส่วนในล้านส่วน ปัจจุบันมีความพยายามให้ผู้ผลิตใช้แต่ไนไตรต์เพียงอย่างเดียวเพราะไนไตรต์แตกตัวได้ง่าย (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536)

7.5 ไขมัน

ไขมันเป็นส่วนประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยเฉพาะเป็นต้นเหตุของรสชาติและความอร่อยของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของไขมันในผลิตภัณฑ์มีผลต่อความนุ่มเนื้อและความรู้สึกทางปากของผลิตภัณฑ์เนื้อ ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อวัวบดที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 15 - 20 (Brewer, *et al.*, 1992) การเพิ่มปริมาณไขมันจากร้อยละ 0 - 20 ทำให้ความนุ่มของเนื้อวัวบดเพิ่มขึ้นแต่กลิ่นรสลดลง (Berry, 1992) Troutt และคณะ (1992) รายงานว่า การใช้ปริมาณไขมันร้อยละ 5 และ 10 ในเนื้อวัวบดให้สีแดงเข้มกว่า การสูญเสียต่ำกว่าและความชุ่มฉ่ำต่ำกว่าการใช้ไขมันร้อยละ 20 และ 30 Marriott และคณะ (1988) รายงานว่า ปริมาณไขมันไม่มีผลกระทบต่อความอร่อยของสเต็กเนื้อวัวขึ้นรูปและสามารถผลิตโดยลดปริมาณไขมันให้ต่ำกว่าร้อยละ 20 โดยไม่ลดความอร่อย ไส้กรอกประเภทอีมัลชั่นโปรตีนของเนื้อถูกสกัดละลายออกจากภายในเส้นใยกล้ามเนื้อมาอยู่ร่วมกันกับตัวถูกละลายอื่นๆและน้ำเป็น continuous phase ในขณะที่ไขมันถูกปั่นละเอียดให้เป็นหยดเล็กละเอียดกระจายอยู่โดยทั่วไปในส่วนผสมแรกเป็น disperse phase

8. วิธีการผลิตเนื้อขึ้นรูป

Pearson และ Tuaber(1984) ได้สรุปวิธีทำเนื้อขึ้นรูปไว้ดังนี้

8.1 **การตัดเป็นก้อนและขึ้นรูป** (Chunking and forming) โดยนำเนื้อผ่านเครื่องบดเนื้อชนิดหยาบ เช่น เครื่องบดเนื้อหรือเครื่องตัดเนื้อ ตัดเนื้อเป็นชิ้นลูกเต๋าให้มีขนาดของชิ้นเนื้อไม่เกิน 1.5 ลูกบาศก์นิ้ว ผสมเกลือ ฟอสเฟตและส่วนผสมที่ช่วยในการปรุงรส ขั้นตอนการผสมเพื่อช่วยให้เกิดการสกัดโปรตีนไมโอไฟบริลลา อาจเติมสาร

ยึดเกาะเพื่อช่วยให้เกิดการเชื่อมตัวของชิ้นเนื้อ ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปชนิดนี้มี 2 แบบ คือ แบบหมัก ได้แก่ เนื้อขึ้นรูปสี่เหลี่ยมยาวและแบบสดซึ่งขึ้นรูปโดยอัดใส่แม่พิมพ์หรือไส้เทียมแล้วแช่เยือกแข็งทันที หลังจากนั้นนำไปบ่มแล้วตัดแต่งเป็นชิ้นตามต้องการ นำมาแช่เยือกแข็งอีกครั้งเพื่อเก็บรักษาไว้เนื้อขึ้นรูปชนิดนี้มีเนื้อสัมผัสและโครงสร้างคล้ายชิ้นเนื้อปกติแต่เกิดออกซิเดชั่นได้ง่ายอาจต้องเติมสารกันหืนในปริมาณที่เหมาะสมในระหว่างการผลิต

8.2 **การหั่นเป็นแผ่นและขึ้นรูป** (Flaking and forming) โดยหั่นเนื้อเป็นแผ่นบางผสมเกลือและฟอสเฟตจนมีความเหนียวปานกลาง อัดใส่ถุงพลาสติกภายใต้สุญญากาศ แช่เยือกแข็ง บ่มและอัดด้วยแรงดันให้มีรูปร่างตามต้องการ จากนั้นหั่นเป็นชิ้นบรรจุและเก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง เนื้อขึ้นรูปชนิดนี้นิยมผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สด เช่น เนื้อสเต็ก เนื้ออบ เนื้อทอดและเนื้อย่าง มักใส่เกลือประมาณร้อยละ 0.5 - 1.0 และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 0.25 ซึ่งเป็นจำนวนที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนและให้กลิ่นรสที่ดี การหั่นเป็นแผ่นขนาดใหญ่ช่วยในการปรับปรุงสีและลดการสูญเสียของผลิตภัณฑ์โดยไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏ ความชุ่มฉ่ำและกลิ่นรส การเพิ่มขนาดทำให้ลดค่า TBA และลดความนุ่มเนื้อลง (Marriott, *et al.*, 1987) เนื้อขึ้นรูปชนิดนี้มีเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสคล้ายชิ้นเนื้อปกติ สามารถทำให้เป็นชิ้นเนื้อที่มีขนาดและรูปร่างตามต้องการแต่ใช้แรงงานและค่าใช้จ่ายมาก นอกจากนี้ยังเกิดออกซิเดชั่นได้ง่าย ต้องผสมภายใต้สุญญากาศหรือเติมสารกันหืนในระหว่างการผลิต

8.3 **การฉีกและขึ้นรูป** (Tearing and forming) วิธีการนี้ได้รับความนิยมน้อย เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการฉีกเนื้อให้ขาดออกจากกัน ผลิตภัณฑ์เกิดออกซิเดชั่นได้ยากกว่า แต่มีเนื้อสัมผัสคล้ายชิ้นเนื้อปกติมากที่สุด

9. ขั้นตอนการผลิตเนื้อขึ้นรูป

เนื้อขึ้นรูปที่ประกอบด้วยสารเชื่อม เกลือและฟอสเฟตมีความชื้น โปรตีนและไขมันใกล้เคียงกับเนื้อขึ้นรูปปกติแต่มีพีเอชสูงกว่า การผลิตเนื้อขึ้นรูปเริ่มตั้งแต่การคัดเลือกเนื้อสด การลดขนาดชิ้นเนื้อ การผสม การขึ้นรูป การบรรจุและการเก็บรักษา ซึ่งล้วนแต่เป็นขั้นตอนที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

9.1 วัตถุดิบ

การผลิตเนื้อขึ้นรูปใช้เนื้อที่มีคุณภาพดี ตัดแต่งเอ็น กระดูกอ่อน ต่อม ไขมันและผังผืดที่มีมากทิ้งไป เนื้อหมูที่ใช้ในการผลิตเนื้อขึ้นรูปที่มีคุณภาพ มีลักษณะเนื้อแน่น ผิวแห้งมีสีชมพูออกแดง ไม่มีน้ำเยิ้ม มีไขมันแทรกอยู่บ้าง ไม่มีลักษณะซีดหรือนิ่ม คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของเนื้อวัวขึ้นอยู่กับชนิดของเยื่อใยกล้ามเนื้อ (Seideman and Theer, 1986) หน้าที่ของเนื้อสัตว์ในการทำเนื้อขึ้นรูปมีดังนี้

1. ให้คุณค่าทางอาหาร โดยเฉลี่ยแล้วเนื้อสัตว์มีโปรตีนประมาณร้อยละ 18 - 20 และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน

2.ให้ลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากโปรตีนจะจับก้อนเมื่อถูกความร้อนเป็นลักษณะกึ่งแข็ง และโปรตีนจะทำหน้าที่ห่อหุ้มไขมันและตรึงน้ำในส่วนผสมไม่ให้แยกออกจากกันทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อน

3.ไมโอโกลบินซึ่งเป็นสารสีแดงในเนื้อสัตว์เป็นตัวที่ให้สีที่สำคัญของผลิตภัณฑ์

ปกติเนื้อสัตว์มีพีเอช 6.5 - 6.7 แต่เมื่อทิ้งไว้นานๆจะเกิดสภาพเป็นกรดหรือมีพีเอชลดลง ทำให้น้ำไหลออกจากเซลล์ น้ำหนักสูญหายและสีซีด (สงวน จันทรากูล, 2530) ความคงตัวของสีในเนื้อสัตว์สดเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้บริโภคที่ใช้ในการตัดสินคุณภาพของเนื้อสัตว์เป็นอันดับแรก (Egbert, *et al.*, 1992) เนื้อสัตว์สดปกติมีสีแดงสดได้นานถึง 72 ชั่วโมง โดยต้องมีอุณหภูมิต่ำและใช้วัสดุห่อที่ถูกต้อง (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) Marriott และคณะ (1988) รายงานว่า เนื้อหมูที่ใช้ในการผลิตเนื้อหมูขึ้นรูปมักใช้เนื้อจากส่วนไหล่ของสุกรเนื่องจากมีมูลค่าต่ำ แต่อาจมีปัญหาเรื่องปริมาณของไขมันที่มีค่อนข้างสูง วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏและการลดลงของสีน้อยกว่าผลของเวลาในการเก็บรักษา (Marriott, *et al.*, 1988) การแช่เยือกแข็งเนื้อแกะก่อนนำมาใช้ทำให้ปริมาณแอกตินน้อยลงกว่าการใช้เนื้อสดและพบว่าเนื้อแกะบดที่เตรียมจากเนื้อแช่เยือกแข็งก่อนมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าที่เตรียมจากเนื้อสด (Brewer, *et al.*,1986)

9.2 การทำให้เนื้อนุ่ม

เนื้อที่มีความเหนียวสามารถทำให้นุ่มได้โดยการใช้เครื่องทำให้นุ่มชนิดใบมีด (blade tenderization) นิยมใช้กับการผลิตเนื้อขึ้นรูปชนิดตัดเป็นก้อนและขึ้นรูป เนื้อเหนียวที่ใช้ทำเนื้อขึ้นรูปได้แก่ เนื้อสัตว์ป่า เนื้อส่วนที่ใช้งานหนักและผังผืด

9.3 การลดขนาดของชิ้นเนื้อ

โดยการบดผ่านเครื่องบดเนื้อหยาบ การหั่นเป็นแผ่นหรือการบดผ่านเครื่องบด วิธีการหลังจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวซึ่งจำเป็นสำหรับการสกัดโปรตีนไมโอซินและช่วยให้การเชื่อมกันของชิ้นเนื้อดียิ่งขึ้น การลดขนาดชิ้นส่วนย่อยนี้สามารถทำได้หลายระดับขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์เป็นสำคัญ ผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจต้องการลดขนาดลงถึงเพียงระดับหยาบ แต่ในขณะเดียวกันอีกบางชนิดนั้นต้องลดขนาดมากถึงขั้นละเอียดและสามารถสร้างอิมัลชั่นได้ ข้อดีของการลดขนาดชิ้นส่วนเนื้อ ได้แก่ ช่วยปรับปรุงความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ โดยการที่มีชิ้นส่วนในขนาดที่ย่อยสม่ำเสมอ ทำให้ส่วนประกอบต่างๆ กระจายไปได้อย่างทั่วถึงและทำให้เนื้อซึ่งเดิมอาจจะเหนียวเสียจนเคี้ยวไม่ลงนั้นมีความนุ่มถูกใจผู้บริโภค ทั้งนี้เพราะถูกลดขนาดลง เครื่องมือที่ใช้ในการลดขนาดชิ้นเนื้อ ได้แก่ เครื่องบด เครื่องสับละเอียด (silent cutter) และเครื่องปั่นอีมัลชั่น (emulsion mill) เป็นต้น ในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อหลายๆชนิด โดยเฉพาะพวกไส้กรอกนั้น ขั้นตอนแรกๆจะประกอบไปด้วยการใช้เครื่องบดลดขนาดชิ้นเนื้อและไขมันลงเสียก่อน แต่ถ้าเป็นไส้กรอกหยาบอาจต้องการใช้เพียงเครื่องบดเพียงอย่างเดียว ส่วนไส้กรอกบดละเอียดอีมัลชั่นนั้นใช้เครื่องสับละเอียดเพื่อลดขนาดชิ้นเนื้อให้ย่อยละเอียดลงไปอีกขั้นหนึ่งเท่านั้น การสร้างอีมัลชั่นจะใช้เครื่องปั่นอีมัลชั่นโดยตรง เพราะเครื่องมือนี้มีอัตราความเร็วของใบมีดสูงกว่ามาก ทำให้สามารถสร้างอีมัลชั่นได้ภายในระยะเวลาสั้นกว่าเดิมและนอกจากนั้นยังทำให้ได้ขนาดชิ้นส่วนไขมันที่ละเอียดกว่าเดิมมาก แต่เนื่องจากใบมีดมีอัตราความเร็วสูงมากทำให้อุณหภูมิของเนื้อผสมสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเป็นผลมาจากการเสียดสีอย่างรุนแรงและรวดเร็ว จึงควรระมัดระวังเพราะอุณหภูมิของส่วนผสมอาจทำให้ไขมันแยกตัวออกมาจากระบบอีมัลชั่นได้ (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529)

9.4 การผสม

ขั้นตอนนี้จำเป็นต่อการทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อกระจายตัวและเกิดการปลดปล่อยโปรตีนกล้ามเนื้อทำให้เกิดเส้นใยตาข่ายเหนียวที่บริเวณของชิ้นเนื้อ สำหรับการเชื่อมชิ้นเนื้อเข้าด้วยกัน ควรเติมเกลือและฟอสเฟตก่อนการผสมเพื่อช่วยให้เกิดการสกัดโปรตีนไมโอไฟบริลลา และทำการผสมภายใต้สุญญากาศหรือก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์เพื่อขจัดออกซิเจนและช่วยชลอการเกิดออกซิเดชั่น รักษาอุณหภูมิขณะผสมให้ต่ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นและควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ การควบคุมอุณหภูมิในทุกขั้นตอนของการผลิตสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป (Pearson and Tuaber, 1984) เวลาที่ใช้ในการผสมมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ของผลิตภัณฑ์ การใช้เวลาผสม 3 - 12 นาทีไม่มีผลต่อพีเอชของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบ แต่สีของเนื้อหมูจะคล้ำขึ้นเมื่อเวลานานขึ้น (บุปผา แซ่จั่ง, 2534)

9.5 การบรรจุและการขึ้นรูป

โดยการบรรจุส่วนผสมลงในไส้หรือถาดสำหรับแช่เยือกแข็ง แล้วแช่เยือกแข็งทันทีในห้องแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่าที่อุณหภูมิ -7 ถึง -18 องศาเซลเซียส บ่มเพื่อให้สะดวกต่อการขึ้นรูปและการหั่น อุณหภูมิที่ใช้บ่มขึ้นกับปริมาณเกลือและฟอสเฟต โดยปริมาณเกลือและฟอสเฟตร้อยละ 0.5 และ 0.3 ควรบ่มที่อุณหภูมิ -4.4 ถึง -7 องศาเซลเซียส หากใช้เกลือมากขึ้นเป็นร้อยละ 1.0 ร่วมกับฟอสเฟตร้อยละ 0.3 ควรบ่มที่อุณหภูมิ -6 ถึง -7 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอัดเนื้อให้มีรูปร่างตามต้องการด้วยเครื่องอัดแน่นแบบไฮดรอลิก ใช้เครื่องแบบสุญญากาศต่อเนื่องตัดเนื้อที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและบ่มแล้วออกมาหั่นเป็นชิ้นที่มีขนาดตามต้องการ (Pearson and Tuaber, 1984) การบรรจุผลิตภัณฑ์เนื้อวัวบดชนิดไขมันต่ำในภาชนะบรรจุที่มีสภาพอากาศเกิดการลดลงของสีมากกว่าในสภาพไร้อากาศ (Egbert, *et al.*, 1992) เนื้อแปรรูปส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นแบบใหม่เฉพาะตัวเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอในรูปร่างลักษณะ ผู้บริโภคสามารถจำและรู้จักได้โดยอัตโนมัติ ไส้กรอกชนิดต่างๆเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทลดขนาดจนกระทั่งเหลวและเหนียวข้นเป็นเนื้อเดียวกัน จึงต้องการสิ่งบรรจุที่สามารถรับเอาเนื้อผสมเข้าไปอัดอยู่ภายในและเป็นรูปร่างตามแบบที่ต้องการสามารถนำไปดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปของการทำผลิตภัณฑ์นั้นๆ รูปร่างและแบบของผลิตภัณฑ์จะแตกต่างกันออกไป แบบสำหรับอัดให้เป็นรูปร่างต่างๆ อาจเป็นแบบพิมพ์ (mold) หรือไส้บรรจุ (casing) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แบบพิมพ์ส่วนมากมีการฝานเป็นแผ่นบางๆ ก่อนบรรจุเพื่อจำหน่ายเช่น โบโลญา ส่วนไส้บรรจุนั้นส่วนมากจะเป็นไส้กรอกชนิดต่างๆ และดำเนินการโดยการอัดเนื้อผสมลงในไส้บรรจุ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ไส้บรรจุธรรมชาติ ซึ่งเป็นไส้บรรจุที่ทำมาจากลำไส้หรือส่วนของสัตว์ที่มีรูปร่างแน่นอน มีความคงทนตลอดขั้นตอนของการทำผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่ได้จากลำไส้และกระเพาะของสุกร โค กระบือ แกะ และแพะ ไส้บรรจุอีกชนิดหนึ่งคือ ไส้สังเคราะห์ เป็นไส้ที่ผลิตขึ้นมาจำหน่ายโดยแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่ เซลลูโลส คอลลาเจนที่บริโภคไม่ได้ คอลลาเจนที่บริโภคได้และพลาสติก

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

9.6 การเก็บรักษา

โดยการห่อเนื้อขึ้นรูปด้วยแผ่นฟิล์มชนิดโพลีเอทิลีนหรืออื่นๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส หรือไม่สูงกว่า -12.2 องศาเซลเซียส (Pearson and Tuaber, 1984) การแช่เยือกแข็งเป็นวิธีการสำคัญในการเก็บรักษาอาหารประเภทเนื้อสัตว์ อัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งมีผลกระทบต่อการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนไมโอไฟบริลลา โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการแช่เยือกแข็งช้าลง (Wagner and Anon, 1985) การเก็บรักษาโดยการบรรจุในภาชนะชนิดต่างๆ ค่า TBA การหืนและกลิ่นรสของกรดยังคงเพิ่มขึ้นอยู่ตลอดเวลา ในการเก็บรักษาเนื้อนั้นอุณหภูมิของห้องมีความสำคัญยิ่ง ในเนื้อวัวบดเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส แบคทีเรียใช้เวลาในการแบ่งตัวจาก 1 เซลล์ เป็น 2 เซลล์มากกว่า 12 ชั่วโมง ถ้าเก็บเนื้อไว้ที่อุณหภูมิสูง เช่น 32 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการแบ่งตัวของแบคทีเรียจะเหลือเพียง 30 นาทีเท่านั้น ถ้าเก็บรักษาเนื้อไว้ที่อุณหภูมิสูงเนื้อจะเน่าเสียภายในเวลาสั้นมาก และถ้าหากเก็บรักษาที่ 0 - 2 องศาเซลเซียสจะเก็บได้นานกว่า 96 ชั่วโมง (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) Marriott และคณะ (1988) รายงานว่า การใช้โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โปแตสเซียมคลอไรด์และเลซิตินในเนื้อหมูขึ้นรูปมีความแตกต่างทางด้านเนื้อสัมผัสน้อยมาก แต่เวลาในการแช่เยือกแข็งมีผลต่อการลดลงของรสชาติและเพิ่มค่า TBA ของเนื้อหมูขึ้นรูปมากกว่า เวลาในการแช่เยือกแข็งที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการและค่า TBA เพิ่มขึ้น ขณะที่สีแดงของเนื้อวัวบดลดลง (Brewer, *et al.*, 1992) และทำให้การยึดเกาะของผลิตภัณฑ์ลดลง (Marriott, *et al.*, 1987) ระหว่างการแช่เยือกแข็งพบว่าที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส มีการลดลงของความสามารถในการละลายของโปรตีนไมโอไฟบริลลามากกว่าที่อุณหภูมิ -10 และ -20 องศาเซลเซียส (Wagner and Anon, 1986) โปรตีนที่ละลายในน้ำและโปรตีนที่ละลายในเกลือมีความสามารถในการละลายลดลงในระหว่างการเก็บรักษาด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง โดยโปรตีนที่ละลายในเกลือมีอัตราการลดลงเร็วกว่า (Owusu-Ansah and Hultin, 1992) กิจกรรมของเอนไซม์ ATPase ของโปรตีนไมโอซินลดลงตามเวลาการแช่เยือกแข็งที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราการลดลงที่ -20 องศาเซลเซียสมากกว่าที่ -5 และ -10 องศาเซลเซียส (Wagner and Anon, 1986)

การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสผิดปกติไป (Salih, *et al.*, 1989) ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อที่สำคัญคือ ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้น

เองกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อสัตว์ กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดขึ้นตลอดเวลาเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ทำให้เกิดสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์หรือเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่เสถียรและเป็นผลผลิตเริ่มต้นของการเกิดออกซิเดชั่น โดยมีสารประกอบพวกฮีม (heme compound) ซึ่งมีเหล็กเป็นองค์ประกอบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2529) สารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเป็นพวกคีโตน อัลดีไฮด์ แอลกอฮอล์และกรดซึ่งระเหยเกิดกลิ่นรสหืนในอาหาร การเกิดออกซิเดชั่นของไขมันในอาหารประเภทเนื้อสัตว์สามารถวัดได้จากค่า TBA ซึ่งหมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง โดยอาศัยการวัดความเข้มข้นของสีที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาของมาโลนอัลดีไฮด์กับ 2-thiobarbituric acid ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ความเข้มข้นของสีเป็นอัตราส่วนกับปริมาณของไขมันที่ถูกออกซิไดซ์ ธรรมชาติ สัดส่วนและระดับความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันเป็นตัวบ่งชี้ความว่องไวในการเสื่อมเสีย โดยทั่วไปเมื่อสัดส่วนและระดับความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันมากขึ้น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดมากขึ้นด้วย องค์ประกอบของไขมันกับสารที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ เช่น ฮีโมโกลบิน ในกระบวนการแยกกระดูกทางกล เป็นแหล่งสำคัญที่มีผลต่อกลิ่นของเนื้อและมีผลต่อความคงตัวในช่วงการใช้ประโยชน์และการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อ นอกจากนี้อัตราการเกิดออกซิเดชั่นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ แสงและเอนไซม์ โดยพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ โดยเมื่อเก็บเนื้อไว้ที่ 5 องศาเซลเซียส ค่า TBA เปลี่ยนแปลงมากขึ้น แต่เมื่อเก็บที่ -20 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529)

วัตถุประสงค์

1.ศึกษาการแยกสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่และการใช้โปรตีนที่สกัดได้ในเนื้อหมูขึ้นรูป

2.ศึกษาคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสตลอดจนอายุในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ได้

3.เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้สนใจและผู้ประกอบการอุตสาหกรรม

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1.กระดูกไก่ส่วนคอ ชี่โครงและหลังที่ไม่ติดหนัง จากตลาดหาดใหญ่ จ.สงขลา

2. หมูเนื้อแดงส่วนสะโพกจากตลาดหาดใหญ่ จ.สงขลา
3. โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein) Supro 500 E
4. สารเคมีต่างๆ
5. ไส้เทียมชนิดเซลลูโลสเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร
6. ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน สำหรับใส่เนื้อหมูขึ้นรูป

อุปกรณ์

1. เครื่องบดเนื้อ US Berkel รุ่น E222 ขนาดรูบด 10 มิลลิเมตร
2. เครื่องผสมเนื้อ (kitchen aid mixer)รุ่น K5SS ใช้หัวใบพาย
3. เครื่องกวน
4. เครื่องเหวี่ยงแยก Basket Centrifuge รุ่น CE 21K
5. ห้องเก็บอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ชนิดลมเป่า รุ่น PK64
6. ห้องเก็บอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ชนิดลมเป่า รุ่น PK64
7. เครื่องหั่น (slicer)
8. เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ Henkovac 1000
9. เครื่องวัดพีเอช Mettler delta 350
10. เครื่องวัดแรงยึดเกาะ Lloyd Instrument LR 30K
11. ตู้อบไฟฟ้า Memmert รุ่น ULM50
12. เครื่องวัดสี Juki colorimeter JP 7100F

วิธีการ

1. การสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่

1.1 นำกระดูกไก่ส่วนคอ หลังและซี่โครงที่ไม่มีเนื้อ หนังและไขมันมาสับแล้วบดด้วยเครื่องบดเนื้อ นำมาสกัดโปรตีนโดยใช้กระดูกไก่ผสมกับสารสกัดที่ประกอบด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 6 โซเดียมไนไตรต์ร้อยละ 0.015 แอสคอร์เบตร้อยละ 0.05 และโซเดียมไพโรฟอสเฟตร้อยละ 0.05 ในอัตราส่วน 1 : 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการปั่นผสม ปรับพีเอช 7.0 - 7.3 ด้วยโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต กวนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แยกกระดูกออกจากโปรตีนสกัดด้วย basket centrifuge โปรตีนที่สกัดได้เรียกว่าโปรตีนสกัดสด ซึ่งจะนำไปเติมในเนื้อหมูขึ้นรูป (กรณีที่ทำไม่ทันจะเก็บโปรตีนสกัดที่ได้ที่ 4 องศาเซลเซียสก่อนนำไปใช้) และนำโปรตีนสกัดสดเก็บที่ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วันเพื่อนำไปเติมในเนื้อหมูขึ้นรูปเป็นอีกชุดการทดลอง ขั้นตอนการสกัดแสดงดังรูปที่ 3

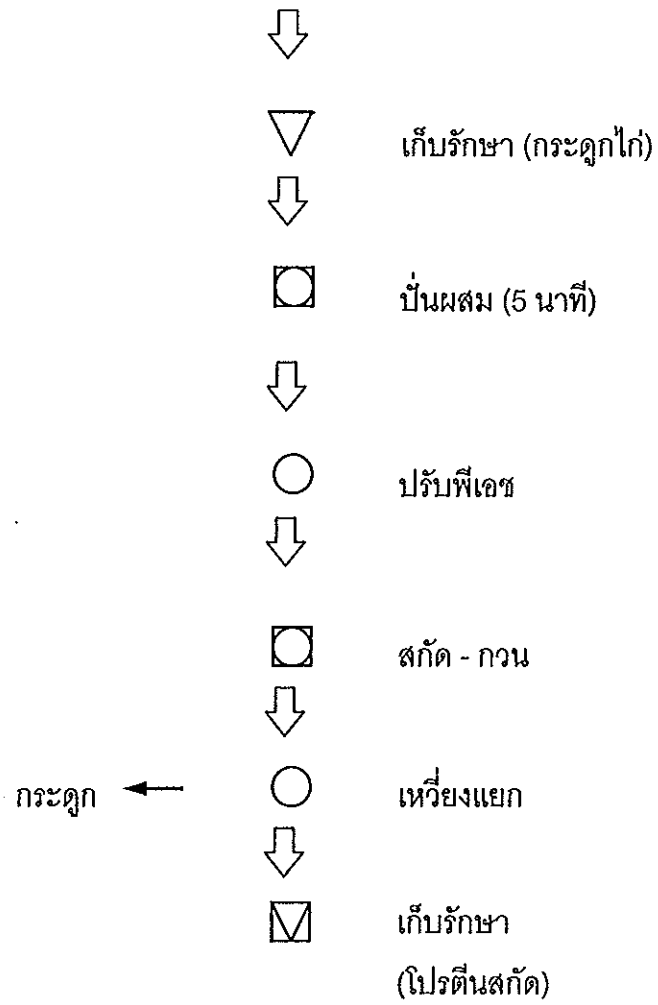
1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนที่สกัดได้ดังนี้ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีนรวมและปริมาณไขมัน โดยวิธีของ AOAC (1990)

2. การผลิตเนื้อหมูขึ้นรูป

2.1 นำหมูเนื้อแดงส่วนสะโพก ล้างให้สะอาด ทิ้งให้สะเด็ด แยกไขมันและผังผืดออก เก็บในห้องแช่เยือกแข็งเพื่อลดอุณหภูมิจนถึง 0 องศาเซลเซียส บดด้วยเครื่องบดเนื้อแบบหยาบขนาด 10 มิลลิเมตร แล้วเก็บในห้องเย็น 4 องศาเซลเซียส

2.2 ศึกษาชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้โปรตีนสกัดในการผลิตเนื้อหมูขึ้นรูป โดยผสมหมูเนื้อแดง เกลือ ฟอสเฟตและโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเครื่องผสมเนื้อเป็นเวลา 6 นาที ที่ความเร็วระดับ 2 โดยแบ่งการศึกษาดังนี้

ก.โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บที่ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน ที่ปริมาณร้อยละ 0, 1.5 และ 3 โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) แล้วตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกเนื้อหมูขึ้นรูปที่มีคุณลักษณะดีที่สุด



รูปที่ 3 Outline flow process chart ของการสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์

โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมี ผลผลิตที่ได้ คุณภาพสี ลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยเลือกจากเนื้อหมูขึ้นรูปที่มีการเติมโปรตีนสกัดและโปรตีนสกัดแซ่เยือกแข็งมาชนิดละ 1 ระดับ

ข. นำโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่ผ่านการแซ่เยือกแข็งที่คัดเลือกได้มาใช้แทนที่โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นที่ร้อยละ 0,. 50 และ100 ในระดับปริมาณของการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่จากข้อ ก ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์

แล้วทำการบรรจุเนื้อที่ผสมแล้วในไส้เซลลูโลส อัดให้แน่นผูกปลายด้วยด้ายดิบ แซ่เยือกแข็งที่ห้องเก็บอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง บ่มในห้องเก็บอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 15 นาที เพื่อให้เนื้ออ่อนตัวลงและอัดให้แน่น แซ่เยือกแข็งที่ห้องเก็บอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หั่นเป็นชิ้นหนาขนาด 1 เซนติเมตร บรรจุแบบสุญญากาศในถุงโพลีเอทิลีน ปิดผนึกและเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ขั้นตอนการผลิตแสดงดังรูปที่ 4

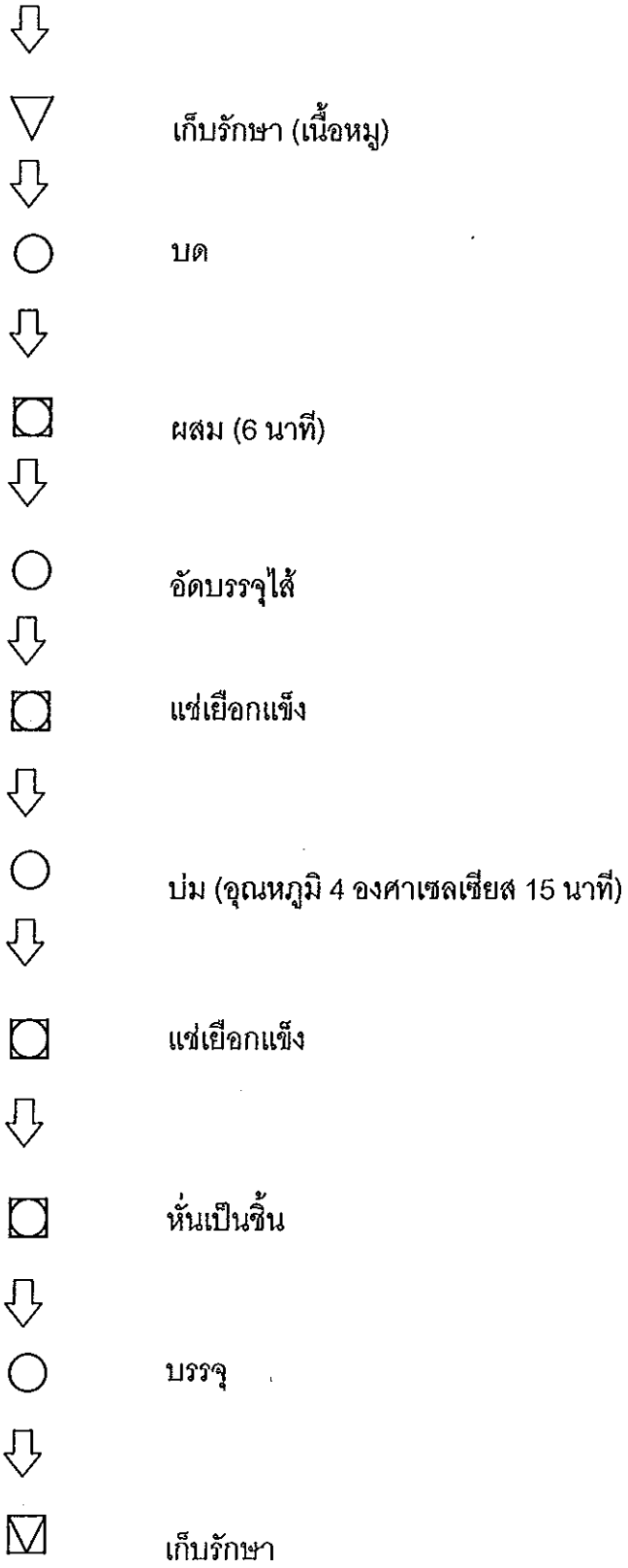
2.3 วิเคราะห์คุณภาพของเนื้อขึ้นรูปที่ผลิตได้ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า โดยวิธีของ AOAC (1990)

2.4 ทำการวัดสีในรูปของค่า L, a และ b โดย Juki colorimeter และการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มตามวิธีการในภาคผนวก ข

2.5 ทำการวัดแรงเฉือนของเนื้อขึ้นรูปสุกที่ผลิตได้ โดย Lloyd instrument testing ตามรูปและวิธีการในภาคผนวก ข

3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการเก็บรักษา

3.1 เนื้อหมูขึ้นรูปดิบ เตรียมตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกจำนวน 8 คน ประเมินคุณภาพสี กลิ่นเนื้อหมู กลิ่นออกซิไดซ์ กลิ่นผิดปกติ การกระจายตัวของเนื้อ ความนุ่ม ความฉ่ำน้ำและการเชื่อมตัวของเนื้อ โดยวิธีพรรณาคุณลักษณะเชิงปริมาณ(QDA)



รูปที่ 4 Outline flow process chart ของการผลิตเนื้อหมูขึ้นรูป

3.2 เนื้อหมูขึ้นรูปสุก เตรียมตัวอย่างโดยนำเนื้อหมูขึ้นรูปดิบมาปล่อยให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง แกะถุงพลาสติกออก อบให้สุกด้วยเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 180 - 190 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วพลิกกลับอีก 3 นาที แล้วให้ผู้ประเมินชิมตัวอย่างในปัจจัยสีการกระจายตัวของเนื้อ กลิ่นเนื้อหมู รสหวาน รสเค็ม ความฉ่ำน้ำ ความนุ่มและการเชื่อมตัวของเนื้อ ใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึก 8 คน ด้วยแบบพรรณาคุณลักษณะเชิงปริมาณ

3.3 ทำการคัดเลือกเนื้อหมูขึ้นรูปที่มีคุณลักษณะดีที่สุดมา 2 ตัวอย่างเพื่อนำมาศึกษาคุณภาพในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ -20 องศาเซลเซียส โดยเก็บเนื้อหมูขึ้นรูปที่ห้องเก็บอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 สัปดาห์ นำมาวิเคราะห์พีเอช (A.O.A.C.,1990) ค่า TBA (Egan, *et al.*,1981) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้แก่ สีและกลิ่นผิดปกติด้วยแบบพรรณาคุณลักษณะเชิงปริมาณและการยอมรับรวมโดยวิธี 9 point Hedonic Testทุกๆ 2 วัน ส่วนเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บที่ -20 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกันทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลืองแสดงในตารางที่ 3 พบว่า กระดูกไก่ประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 88.71 มีปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้าเมื่อคิดตามน้ำหนักแห้งร้อยละ 30.03, 25.48 และ 38.47 ตามลำดับ โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่ได้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 89.17 ปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้าเมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งร้อยละ 29.63, 22.68 และ 39.93 ตามลำดับ กระบวนการที่ใช้สกัดโปรตีนให้ผลผลิตร้อยละ 55.43 โปรตีนที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวข้นสีแดงออกชมพู ผลที่ได้มีความแตกต่างจากผลการทดลองของ Kijowski และ Niewiarowicz (1985) เนื่องจากกระบวนการและวัตถุดิบแตกต่างกัน

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ (2536) รายงานว่า กระดูกสัตว์ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 50 ไขกระดูกร้อยละ 15 และโปรตีนคอลลาเจนในกระดูก มีส่วนประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ร้อยละ 33 - 36 และสารอนินทรีย์ร้อยละ 32.5 Young (1976) รายงานว่าเศษกระดูกไก่มีองค์ประกอบของสสารแห้ง (dry matter) ร้อยละ 40 ซึ่งประกอบไปด้วยโปรตีนร้อยละ 43 ไขมันร้อยละ 32 และเถ้าร้อยละ 25 ขณะที่ Kijowski และ Niewiarowicz (1985) รายงานว่า การใช้เกลือสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่ได้โปรตีนสกัดที่มีสสารแห้งร้อยละ 36 โปรตีนรวมร้อยละ 20 ไขมันร้อยละ 9 เถ้าร้อยละ 7 และฮีมร้อยละ 0.2 โปรตีนที่สกัดได้เป็นโปรตีนที่สามารถละลายได้ในเกลือ เช่น แอกติน ไมโอซิน โทรโปไมโอซินและโทรโปนินมากกว่าโปรตีนที่ละลายในน้ำ เช่น ไมโอโกลบินและฮีโมโกลบิน

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางเคมี(ร้อยละ)				
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ผลผลิต
กระดูกไก่	88.71	30.03	25.48	38.47	-
โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่	89.17	29.63	22.68	39.93	55.43
โปรตีนถั่วเหลือง	1.67	74.27	0.21	3.79	-

หมายเหตุ : ร้อยละของปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้า โดยน้ำหนักแห้ง

Lawrence และคณะ (1982) พบว่า การใช้สารละลายด่างสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่ที่ผ่านการถอดกระดูกด้วยเครื่องมือกลได้ผลผลิตตะกอนโปรตีนเทียบกับจำนวนวัตถุดิบกระดูกไก่ที่ใช้ร้อยละ 24 โดยมีองค์ประกอบของความชื้นร้อยละ 77 โปรตีนร้อยละ 8.5 และไขมันร้อยละ 13 Kijowski และ Niewiarowicz (1985) รายงานว่าองค์ประกอบและปริมาณของกระดูกไก่จากกระบวนการแยกกระดูกแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ปีก ชนิดของเครื่องแยกกระดูกและวิธีการแยกกระดูก ส่วนการสกัดโปรตีนนั้น ผลผลิตและองค์ประกอบของโปรตีนที่ได้จะมีผลแตกต่างกันได้เนื่องจากอิทธิพลของวัตถุดิบและวิธีการสกัดโปรตีน

องค์ประกอบของโปรตีนถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 1.67 โปรตีน ไขมันและเถ้าร้อยละ 74.27, 0.21 และ 3.79 น้ำหนักแห้งตามลำดับ ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูขึ้นรูปที่ผลิตในการทดลองนี้แสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูขึ้นรูป

2. ผลของการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อหมูขึ้นรูป

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

จากตารางที่ 4 เมื่อใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เติมลงในเนื้อหมูขึ้นรูปพบว่า ปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 73.45 - 75.10 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P > 0.05$) กับตัวอย่างควบคุมที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 73.28 ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 มีปริมาณร้อยละ 57.89 และ 58.24 ตามลำดับ และไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 57.67 ปริมาณไขมันในเนื้อหมูขึ้นรูปที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 0, 1.5 และ 3 มีปริมาณร้อยละ 30.59, 31.36 และ 31.74 ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณเถ้าของเนื้อหมูขึ้นรูปมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ ตัวอย่างที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีปริมาณเถ้าร้อยละ 5.93 ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดร้อยละ 1.5 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 6.37 และตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดร้อยละ 3 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 6.63

สำหรับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งเติมลงในเนื้อหมูขึ้นรูป พบว่า ปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 74.41 - 74.85 ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 และ 3 มีปริมาณร้อยละ 58.87 และ 58.92 ตามลำดับ ปริมาณไขมันในเนื้อหมูขึ้นรูปที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 มีปริมาณร้อยละ 31.42 และ 31.57 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าปริมาณความชื้น โปรตีนและไขมันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตัวอย่างควบคุม ($P > 0.05$) ปริมาณเถ้าของตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 และ 3 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 6.43 และ 7.75 ตามลำดับ ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 มีปริมาณเถ้าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบผลของปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันและเถ้าระหว่างการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่กับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณความชื้นของเนื้อหมูขึ้นรูปไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากมีการปรับปริมาณน้ำ

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ตัวอย่าง	องค์ประกอบทางเคมี(ร้อยละ)			
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
RPC	73.28 ns	57.67 ns	30.59 ns	5.93 c
RPP1	75.10 ns	57.89 ns	31.36 ns	6.37 bc
RPP2	73.45 ns	58.24 ns	31.74 ns	6.63 b
RPF1	74.85 ns	58.87 ns	31.42 ns	6.43 bc
RPF2	74.41 ns	58.92 ns	31.57 ns	7.75 a

หมายเหตุ : ร้อยละของปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้า โดยน้ำหนักแห้ง

: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

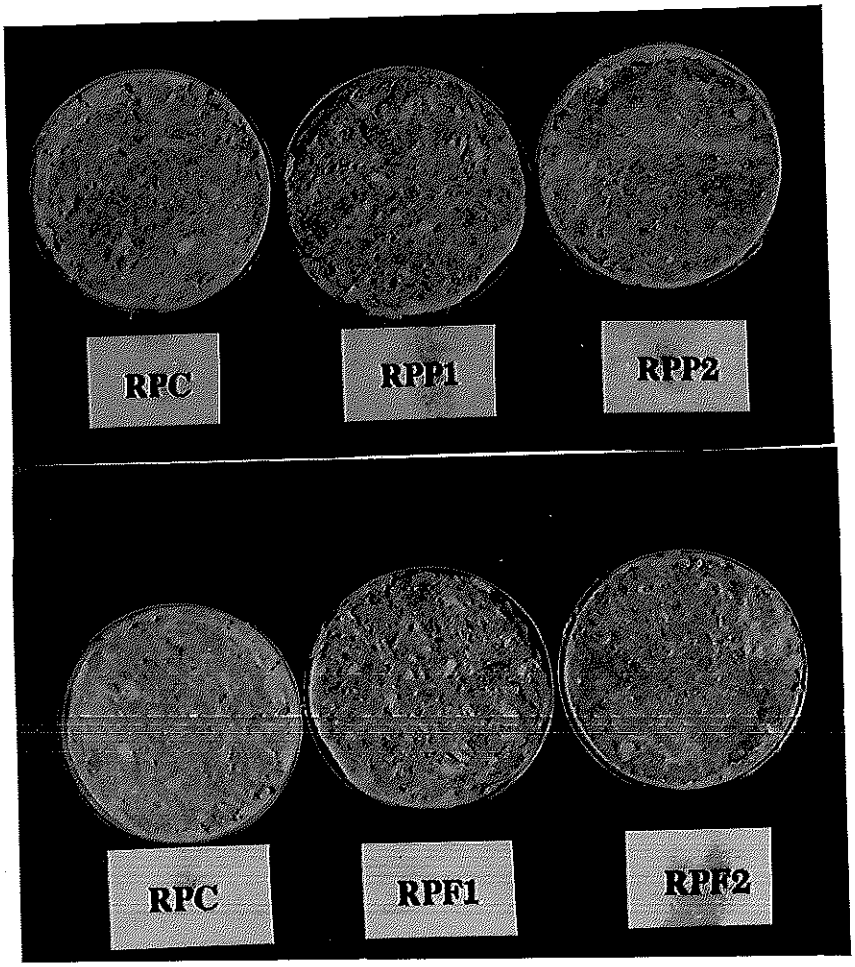
RPC	ตัวอย่างควบคุม
RPP1	เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5
RPP2	เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3
RPF1	เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็ง ร้อยละ 1.5
RPF2	เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็ง ร้อยละ 3

ในแต่ละการทดลองให้มีปริมาณเท่ากัน เพื่อลดผลที่อาจเกิดขึ้นต่อคุณสมบัติที่ต้องการศึกษาในเนื้อหมูขึ้นรูปเนื่องจากปริมาณน้ำ ชัยณรงค์ คันธพนิต (2529) รายงานว่า เนื้อสัตว์ปกติมีความชื้นร้อยละ 45 - 60 แต่ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาจมีการเติมน้ำลงไปเพื่อเพิ่มความ ชุ่มฉ่ำและความนุ่มของผลิตภัณฑ์ เป็นส่วนช่วยให้ส่วนประกอบอื่นๆผสมทั่วถึงสม่ำเสมอ และนอกจากนี้ยังแทนที่น้ำที่ระเหยไปในระหว่างการผลิตทำให้ผลผลิตไม่ลดลงมากเกินไป ในขณะที่ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปไม่แตกต่างกันแม้ว่าจะมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ลงไปในปริมาณที่ต่างกัน เนื่องจากมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ลงไปในเนื้อหมูขึ้นรูปในลักษณะของโปรตีนสดและใช้ปริมาณของของแข็งที่ละลายได้เป็นตัวกำหนดปริมาณการเติม ทำให้มีปริมาณโปรตีนน้อยและแตกต่างกันไม่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลการศึกษาของ Kijowski และ Niewiarowicz (1985) ที่ใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในไส้กรอกไก่โดยแทนที่น้ำ และพบว่าสามารถเพิ่มโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 1.2 - 2 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ ปริมาณไขมันในเนื้อหมูขึ้นรูปมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับปริมาณโปรตีน ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณไขมันที่มีอยู่ในโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่เติมลงไปโดยไม่มีการแยกไขมันออกก่อน แต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณไขมันในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) ขณะที่ปริมาณเถ้าของเนื้อหมูขึ้นรูปเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้าในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปเนื่องจากโปรตีนสกัดที่เติมลงไปในเนื้อหมูขึ้นรูปมีเกลือที่ใช้ในขั้นตอนการสกัดโปรตีนละลายอยู่ด้วย

2.2 คุณภาพสีของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

2.2.1 คุณภาพสีของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ค่าสีของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบแสดงในรูปที่ 6 และตารางที่ 5 ค่า L เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง ค่า a เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดง และค่า b เป็นค่าแสดงสีเหลือง จากการทดลองพบว่า ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5



รูปที่ 6 เนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ดูที่หน้า 32

ตารางที่ 5 ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ตัวอย่าง	ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบ		
	L-value	a-value	b-value
RPC	26.30 a	1.00 d	2.27 a
RPP1	25.14 b	1.85 c	1.99 bc
RPP2	24.04 c	2.07 b	1.83 c
RPF1	25.22 b	2.03 b	2.08 ab
RPF2	24.56 c	2.39 a	1.90 bc

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 32

และ 3 มีค่าความสว่าง 25.14 และ 24.04 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างควบคุมมีค่าความสว่าง 26.30 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีค่าสีแดง 1.00, 1.85 และ 2.07 ตามลำดับ ตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่าสีเหลือง 2.27 และลดลงในตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดร้อยละ 1.5 และ 3 ซึ่งมีค่าสีเหลือง 1.99 และ 1.83 ตามลำดับ

การวัดค่าสีของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งพบว่า ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 และ 3 มีค่าความสว่าง 25.22 และ 24.56 ตามลำดับซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 และ 3 มีค่าสีแดง 2.03 และ 2.39 ตามลำดับ และมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนค่าสีเหลืองของตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดร้อยละ 1.5 และ 3 มีค่าสีเหลือง 2.08 และ 1.90 ตามลำดับ โดยตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 มีค่าสีเหลืองต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากตารางที่ 5 และรูปที่ 6 เห็นได้ว่า การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อหมูขึ้นรูปดิบให้ผลสอดคล้องกับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบ กล่าวคือ ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีสีเข้มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดลงไป เนื่องจากสีของโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่เติมลงไปทำให้ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบมีสีเข้มขึ้น โดยปริมาณเม็ดสีถูกสกัดมาจากเลือดในกระดูกและเนื้อที่ติดกระดูก ตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีสีแดงมากกว่าตัวอย่างอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) เนื่องจากการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่มีเม็ดสีแดงลงไปในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้สีแดงเพิ่มขึ้น ในขณะที่สีเหลืองของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบลดลงเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสีแดงที่เกิดขึ้นจากเม็ดสีแดงของฮีมจากโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่เพิ่มขึ้นไปกลบสีเหลืองของไขมันในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบลงทำให้สีเหลืองลดลง การเพิ่มและลดของสีแดงและสีเหลืองมีทิศทางตรงข้ามกัน คือ เมื่อมีสีแดงสูงสีเหลืองของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบจะต่ำ การเปลี่ยนแปลงของสีเหล่านี้เป็นผลมาจากการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในปริมาณที่แตกต่างกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่สามารถเพิ่มสีแดงของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ ซึ่งจะส่งผลให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและเป็นปัจจัยแรกในการตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์

Kijowski และ Niewiarowicz (1985) รายงานว่า การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ช่วยเพิ่มสีแดงของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น และเมื่อนำโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มาใช้ในไส้กรอกปลาสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาซึ่งปกติมีสี

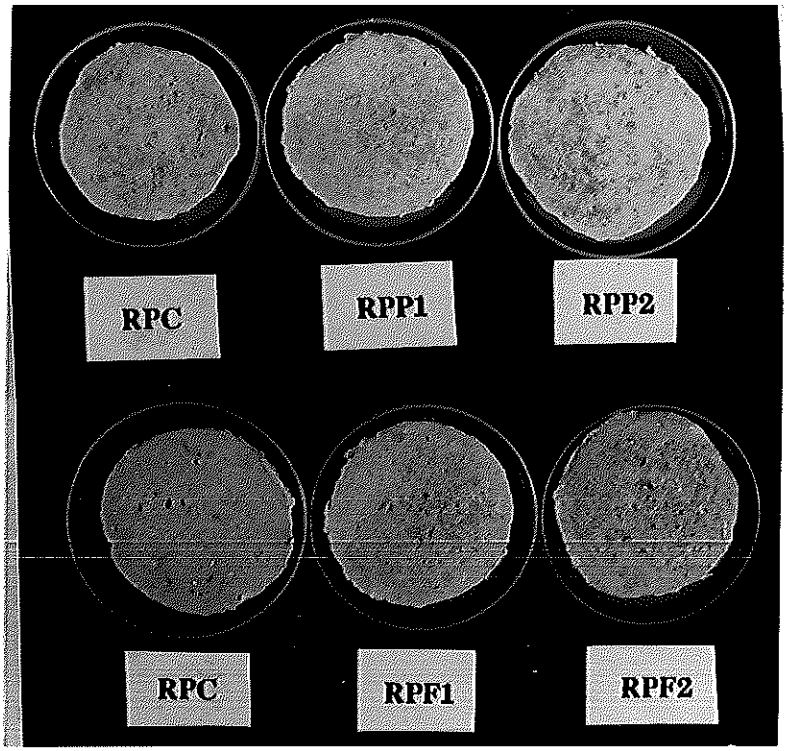
ขาวออกน้ำตาลกลับมีสีที่ดีขึ้น คือมีสีแดงออกชมพู ในขณะที่ Warriss (1979) พบว่า สีของเนื้อสัตว์ขึ้นอยู่กับปริมาณและสภาวะของเม็ดสี (heam pigment) ไมโอโกลบิลและฮีโมโกลบิล สารเหล่านี้สามารถสกัดหรือละลายได้ที่พีเอชเป็นกลางและมีความแรงของอิออนเพียงพอ เช่น มีความเข้มข้นของฟอสเฟต 0.04 โมลาร์และพีเอช 6.8 ส่วน Troutt (1992) รายงานว่า เมื่อมีการใช้ไขมันในระดับต่างๆ คือ ร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ในเนื้อวัวบด พบว่า ที่ปริมาณไขมันต่ำค่าสีแดงของเนื้อวัวบดจะเข้มกว่าตัวอย่างอื่นๆ

2.2.2 คุณภาพสีของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6 และรูปที่ 7 พบว่า ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่าความสว่าง 28.47 สูงกว่าตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 ที่มีค่าความสว่าง 27.13 และ 25.45 ตามลำดับ ตัวอย่างที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่าสีแดง 0.66 และเพิ่มเป็น 1.61และ 2.88 เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ลงไปในเนื้อหมูขึ้นรูปเป็นร้อยละ 1.5 และ 3 ตามลำดับ ค่าสีเหลืองของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่า 2.95 สูงกว่าตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 ที่มีค่าสีเหลือง 2.77 และ 2.67 ตามลำดับเช่นเดียวกัน

ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 และ 3 มีค่าความสว่าง 27.29 และ 25.41 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม เช่นเดียวกับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งลงไปในเนื้อหมูขึ้นรูปร้อยละ 1.5 และ 3 มีค่าสีแดง 1.60 และ 2.81 ตามลำดับ และมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ส่วนค่าสีเหลืองของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 ซึ่งมีค่าสีเหลือง 2.83 และ 2.65 ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่าการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ให้ผลไม่แตกต่างกับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งในเนื้อหมูขึ้นรูปสุก กล่าวคือ ความสว่างและสีเหลืองของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกลดลงเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณเม็ดสีจากฮีมที่ที่อยู่ในโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ นอกจากนี้



รูปที่ 7 เนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ดูที่หน้า 32

ตารางที่ 6 ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ตัวอย่าง	ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปสุก		
	L-value	a-value	b-value
RPC	28.47 c	0.66 d	2.95 a
RPP1	27.13 b	1.61 c	2.77 ab
RPP2	25.45 a	2.88 a	2.67 b
RPF1	27.29 b	1.60 c	2.83 ab
RPF2	25.41 a	2.81 b	2.65 b

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 32

ไนตริกออกไซด์ที่เกิดจากโซเดียมไนไตรต์ที่ใช้ในการผลิตเนื้อหมูขึ้นรูปทำปฏิกิริยากับโปรตีนไมโอโกลบินได้สารไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน ซึ่งเมื่อถูกความร้อนจะเปลี่ยนเป็นไนโตรโซฮีโมโครมซึ่งมีสีชมพูสด ทำให้เนื้อหมูขึ้นรูปมีสีเข้มขึ้นและไปกลบสีเหลืองที่เกิดจากไขมันและทำให้สีแดงชัดเจนยิ่งขึ้นแสดงให้เห็นว่าการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เติมลงในเนื้อหมูขึ้นรูปนั้นยังคงมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ยังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคแม้ว่าจะผ่านความร้อนเพื่อทำให้สุกแล้วก็ตาม

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองของค่าสีของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูประหว่างสุกกับดิบพบว่า สีของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปทั้งสุกและดิบมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน แต่ความสว่างและสีเหลืองในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกมีค่าสูงกว่าในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบในขณะที่มีสีแดงต่ำกว่า เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพสีแดงของไมโอโกลบินเป็นเมตไมโอโกลบิลที่เสียสภาพธรรมชาติซึ่งให้สีน้ำตาลอ่อนทำให้สีแดงลดลงและสีเหลืองเด่นขึ้นมา

2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือเพื่อวัดค่าแรงเฉือน ตามวิธีการและเครื่องมือในภาคผนวก ข โดยการตัดเนื้อให้ขาดจากกันด้วยเครื่องมือที่ไม่มีความคม ซึ่งจำลองมาจากการใช้ฟันกัดของมนุษย์ และแสดงความนุ่มของเนื้อ ผลที่แสดงในตารางที่ 7 และรูปที่ 8 พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่าแรงเฉือน 16.15 นิวตัน ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 ที่มีค่าแรงเฉือน 14.20 และ 13.43 นิวตัน ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 และ 3 มีค่าแรงเฉือน 15.71 และ 14.90 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม แต่พบว่ามีแนวโน้มของค่าแรงเฉือนน้อยลงเมื่อเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้น การเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ให้ผลใกล้เคียงกับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็ง

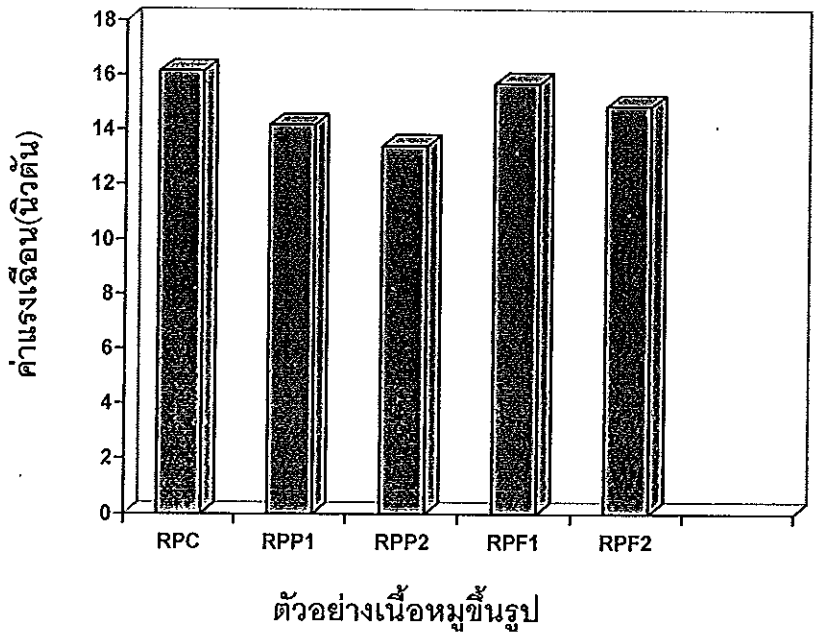
เมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น ค่าแรงเฉือนมีแนวโน้มลดลง ค่าแรงเฉือนที่น้อยลงแสดงให้เห็นว่ามีความนุ่มเพิ่มขึ้นเนื่องจากใช้แรงที่ทำให้เกิดการฉีกขาดของตัวอย่างต่ำ ตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้นมีความนุ่มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นและโปรตีนที่เติมลงไปเป็นโปรตีนที่มีการเกิดเจลเนื่องจากความร้อนมีลักษณะนุ่มและละเอียดอยู่ในองค์ประกอบของอีมัลชั่น ในขณะที่เนื้อหมูเกิดการหดตัวและแตกแยกจากกัน ทำให้เกิดความนุ่ม มีค่าแรงเฉือนลดลง

ตารางที่ 7 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ตัวอย่าง	แรงเฉือน (N)
RPC	16.15 a
RPP1	14.20 bc
RPP2	13.43 c
RPF1	15.71 ab
RPF2	14.90 abc

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 32



รูปที่ 8 ค่าแรงเฉือนของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่
หมายเหตุ : สัญลักษณ์ดูที่หน้า 32

Troutt (1992) รายงานว่า เมื่อมีการใช้ไขมันในระดับต่างๆ คือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ในเนื้อวัวบด พบว่า เมื่อมีปริมาณไขมันต่ำลงค่าแรงเฉือนของเนื้อวัวบดลดลง ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่นและการยึดเกาะตัวเพิ่มขึ้น

Meullent และคณะ (1994) รายงานว่า ไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ไก่ที่มีการเติมเส้นใยคอลลาเจนที่ระดับร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 และมีการปรับปริมาณน้ำร้อยละ 10, 15, 20, 25 และ 30 มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสคือ ไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ที่มีปริมาณน้ำสูงและมีเส้นใยคอลลาเจนต่ำมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ โดยไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ที่มีเส้นใยคอลลาเจนสูงจะส่งผลให้ต่อความแข็งและความยืดหยุ่นมากขึ้น แต่ความฉ่ำน้ำน้อยลง การเติมน้ำลงไปทำให้ไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์มีความนุ่มและมีความฉ่ำน้ำสูงแต่จะมีความยืดหยุ่นต่ำ

Ishioroshi และคณะ (1979) รายงานว่า อุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมในการทำให้เกิดเจลของโปรตีนไมโอซินคือ อุณหภูมิที่ 60 - 70 องศาเซลเซียส และพีเอช 6 ความแข็งแรงของเจลที่เกิดมีมากขึ้นเมื่อปริมาณหรือความเข้มข้นของโปรตีนไมโอซินมีสูงขึ้น ส่วน Hearne และคณะ (1978) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติของโปรตีนไมโอไฟบริลลาในชิ้นเนื้อ เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการหุงต้มเพิ่มขึ้นถ้าอุณหภูมิที่ใช้สูงทำให้เกิดการแตกและแยกตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ การใช้อุณหภูมิ 40 - 50 องศาเซลเซียสในการหุงต้มทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือนลดลงและลดลงมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 50 องศาเซลเซียสเป็น 60 องศาเซลเซียส แต่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วง 60 - 70 องศาเซลเซียส ค่าแรงเฉือนของชิ้นเนื้อไม่แตกต่างกัน ชัยณรงค์ คันธพนิต (2529) รายงานว่า โปรตีนของเนื้อสัตว์เมื่อถูกความร้อนจะเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนจาก nonproteolytic change มีการหดรัดตัวของโมเลกุลโปรตีนเรียกว่า การจับตัวเป็นก้อน (coagulation) ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการละลายน้ำไป ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาที่ได้รับความร้อน ยิ่งอุณหภูมิสูงความสามารถในการละลายยิ่งลดลง ส่วนโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะเกิดการหดตัวของคอลลาเจนเมื่อได้รับความร้อนและถูกไฮโดรไลซ์ด้วยไอน้ำจากเนื้อแปรสภาพเป็นเจลาติน ในช่วงแรกของการได้รับความร้อน ค่าแรงเฉือนของเนื้อจะลดลงเนื่องจากเกิดการหดตัวของคอลลาเจน ส่วนการเปลี่ยนแปลงขั้นต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ได้รับ ถ้าอุณหภูมิสูงมากจะเกิดการหดตัวของคอลลาเจนอย่างรวดเร็วมาก เนื้ออาจจะเหนียวขึ้นเนื่องจากการแข็งตัวของโปรตีนเกิดขึ้น ทำให้ค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้นได้

Gillett และคณะ (1978) พบว่า ความหนาของชิ้นเนื้อมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อชิ้นเนื้อมีความหนาเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงก็จะสูงขึ้นด้วยและแตกต่างกันตามชนิดของผลิตภัณฑ์ การเติมฟอสเฟตลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่งวงบดและในแฮมร้อยละ 0 - 0.25 ทำให้การเกาะตัวของชิ้นเนื้อเพิ่มขึ้น และเมื่อเติมฟอสเฟตเพิ่มเป็นร้อยละ 0.25 - 0.35 ความแข็งแรงของเนื้อไก่งวงบดเพิ่มขึ้นและค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเติมฟอสเฟตมากกว่าร้อยละ 0.35 ในแฮมและมากกว่าร้อยละ 0.50 ในเนื้อไก่งวงบด

2.4 การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มแสดงในตารางที่ 8 และรูปที่ 9 พบว่า ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มร้อยละ 30.48 และ 21.76 ซึ่งน้อยลงตามลำดับ และต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดที่มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้ม 39.99 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) เมื่อมีการใช้โปรตีนสกัดแซ่เยือกแข็งในเนื้อหมูขึ้นรูปปริมาณร้อยละ 1.5 และ 3 พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มมีค่าร้อยละ 29.00 และ 21.16 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ผลการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งที่ได้ไม่แตกต่างกับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อหมูขึ้นรูป

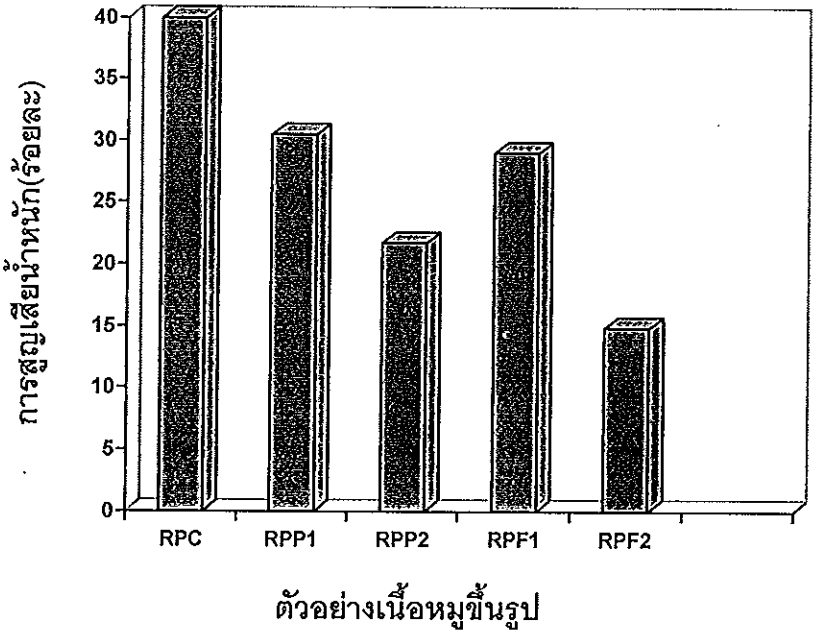
การเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อขึ้นรูปในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้มีปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาเพิ่มขึ้น และเกิดการคลายตัวเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดโครงสร้างที่มีความคงตัวและแข็งแรงขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันการหดตัวของคอลลาเจนเมื่อได้รับความร้อนและถูกไฮโดรไลซ์ด้วยไอน้ำจากเนื้อแปรสภาพเป็นเจลาตินมีความสามารถในการจับน้ำเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังมีผลเนื่องจากการละลายของไขมันไปกันไม่ให้น้ำเนื้อไหลออกมาจากชิ้นเนื้อทำให้ยังคงมีปริมาณน้ำอยู่สูงทำให้ชิ้นเนื้อมีน้ำหนักลดลงไม่มากเกินไป Hearne และคณะ (1978) รายงานว่า การหุงต้มที่มีอุณหภูมิสุดท้ายสูงและมีการให้ความร้อนอย่างช้าๆทำให้การสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการหุงต้มมีสูงขึ้น แม้ว่าอัตราการให้ความร้อนไม่มีผลต่อการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการหุงต้ม

ตารางที่ 8 การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ตัวอย่าง	การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)
RPC	39.99 a
RPP1	30.48 b
RPP2	21.76 c
RPF1	29.00 b
RPF2	21.16 c

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 32



รูปที่ 9 ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ดูที่หน้า 32

2.5 การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

2.5.1. เนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

การประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมแบบการพรรณนาลักษณะเชิงปริมาณเพื่อประเมินการยอมรับในด้านสี การกระจายตัวของเนื้อ กลิ่นหมู กลิ่นออกซิไดซ์ กลิ่นผิดปกติ ความฉ่ำน้ำ ความนุ่มและการเชื่อมตัวของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในระดับร้อยละ 0, 1.5 และ 3 โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกจำนวน 8 คน แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในภาคผนวก ค. ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 9 พบว่า ลักษณะด้านการกระจายตัวของเนื้อ กลิ่นหมู กลิ่นออกซิไดซ์ กลิ่นผิดปกติ และความฉ่ำน้ำของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) ส่วนค่าสี ความนุ่มและการเชื่อมตัวของเนื้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) กล่าวคือ คะแนนสีของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่า 5.06 แต่เมื่อเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ปริมาณร้อยละ 1.5 และ 3 คะแนนสีมีค่า 5.96 และ 7.12 ตามลำดับ คะแนนความนุ่มเนื้อของตัวอย่างควบคุมมีค่า 5.08 ต่ำกว่าตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 ที่มีคะแนนความนุ่มเนื้อ 6.18 และ 6.09 ตามลำดับ คะแนนการเชื่อมตัวของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดร้อยละ 1.5 และ 3 มีค่าคะแนนการเชื่อมตัว 5.03 และ 6.12 ซึ่งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่มีคะแนนการเชื่อมตัว 4.11 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) และผลจากตารางที่ 9 พบว่าการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งในเนื้อหมูขึ้นรูปดิบให้ผลสอดคล้องกับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ โดยลักษณะด้านการ กระจายตัวของเนื้อ กลิ่น กลิ่นออกซิไดซ์ กลิ่นผิดปกติ และความฉ่ำน้ำของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งที่ระดับต่างๆไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) ส่วนค่าสี ความนุ่มและการเชื่อมตัวของเนื้อมีความแตกต่างกันทางสถิติ($P<0.05$) เช่นเดียวกันการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ตารางที่ 9 การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

การทดสอบ	RPC	RPP1	RPP2	RPF1	RPF2
สี	5.06 c	5.96 b	7.12 a	5.83 b	7.22 a
การกระจายตัวของเนื้อ	5.91 ns	5.39 ns	5.65 ns	5.92 ns	5.94 ns
กลิ่นเนื้อ	5.32 ns	5.36 ns	4.92 ns	5.22 ns	5.35 ns
กลิ่นออกซิไดซ์	3.78 ns	3.66 ns	4.20 ns	4.09 ns	4.24 ns
กลิ่นผิดปกติ	4.27 ns	4.42 ns	4.24 ns	3.93 ns	4.15 ns
ความฉ่ำน้ำ	5.47 ns	5.76 ns	5.67 ns	5.50 ns	5.38 ns
ความนุ่มเนื้อ	5.08 b	6.18 a	6.09 a	6.15 a	6.24 a
การเชื่อมตัว	4.11 a	5.03 b	6.12 b	5.46 b	6.78 b

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 32

ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ให้คะแนนค่าสีสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และคะแนนสีที่ได้จากการทดสอบโดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับการวัดคุณภาพสี(ค่า L , a และ b) ของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบ โดยเฉพาะคะแนนสีที่ดีขึ้นเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในปริมาณเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์มีสีแดงของเนื้อสัตว์ซึ่งแสดงถึงคุณภาพที่ดี และสามารถมองเห็นได้เป็นอันดับแรกในการตัดสินคุณภาพของเนื้อสัตว์ที่ผู้บริโภคต้องการ คะแนนความนุ่มเนื้อของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ซึ่งผู้บริโภคจะเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีความนุ่มเนื้อมากกว่าเนื้อที่มีลักษณะแข็งและเหนียว ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นเนื้อจากสัตว์ที่มีอายุมากหรือจากกล้ามเนื้อส่วนที่ใช้งานหนัก เช่นเดียวกับคะแนนการเชื่อมตัวของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ซึ่งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีการเชื่อมตัวของชิ้นเนื้อได้ดีจะเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเนื่องจากจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับชิ้นเนื้อสัตว์ปกติมากกว่า ลักษณะที่ดีขึ้นของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบ เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของโปรตีนที่ละลายได้ง่ายในส่วนผสมของเนื้อที่มาจากโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ซึ่งมีโปรตีนไมโอไฟบริลลาอยู่มากทำให้โปรตีนมีคุณสมบัติการทำหน้าที่ที่ดี มีการประสานตัวของน้ำและไขมันซึ่งทำให้เกิดความคงตัวของอีมัลชั่นได้ดี ผลิตภัณฑ์จึงมีความนุ่มและมีการเชื่อมตัวได้ดีขึ้น และนอกจากนี้ยังมีฮีมอยู่จำนวนหนึ่งด้วยทำให้สีของชิ้นเนื้อเป็นสีค่อนข้างแดงออกชมพูซึ่งเป็นสีของเนื้อหมูโดยปกติที่มีคุณภาพดี โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่จึงสามารถช่วยเพิ่มคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้ (Kijowski, *et al.*,1985) อย่างไรก็ตาม พบว่าที่ระดับการเติมโปรตีนสกัดร้อยละ 1.5 และ 3 คะแนนความนุ่มและการเชื่อมตัวของเนื้อไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ลงในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้ผลที่ได้ไม่เด่นชัดนักเมื่อแยกแยะโดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

Seideman และ Theer (1986) รายงานว่า ผลของความนุ่มของผลิตภัณฑ์มาจากอิทธิพลของโปรตีนไมโอไฟบริลลาหรือเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหรือจากทั้งสองส่วน Kijowski และ Niewiarowicz (1985) รายงานว่า การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บดมีผลทำให้ความคงตัวของอีมัลชั่น ผลผลิต สีและคุณภาพทาง

ประสาทสัมผัสดีขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากโปรตีนไมโอไฟบริลลา (แอกติน ไมโอซิน โทรโปนิน) และรงควัตถุของฮีม

Turner และคณะ (1979) รายงานว่า การใช้สารละลายเกลือที่มีไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 0.25 แยกสกัดโปรตีนไมโอซินจากเนื้อหมูสามารถให้ปริมาณโปรตีนไมโอซินสูงและปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0.1 - 1.0 โมลาร์ Siegel และ Schmidt (1979) รายงานว่า ความสามารถในการยึดเกาะของโปรตีนไมโอซินสูงกว่าโปรตีนซาร์โคพลาสมิก สภาวะในการสกัดโปรตีนไมโอซินและสารสกัดทำให้ความสามารถในการยึดเกาะแตกต่างกันเนื่องจากปฏิกริยาของอิออนในสภาวะการสกัดและปริมาณโปรตีนไมโอซินที่สกัดออกมาได้

ชัยณรงค์ คันธพนิต (2529) รายงานว่า โปรตีนไมโอซินทำหน้าที่เป็นสารอีมัลซิไฟเออร์หุ้มหยดไขมันไว้ ขณะที่โปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันไม่มีผลต่ออีมัลชั่น ซึ่งถ้าโปรตีนไมโอซินสามารถละลายได้มากพอก็จะเกิดความคงทนของอีมัลชั่น เมื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ก็จะมีเนื้อสัมผัสดี สม่ำเสมอ การละลายของโปรตีนแอกตินและไมโอซินต้องอาศัยคุณสมบัติการละลายในน้ำเกลืออ่อนของโปรตีน ส่วนโปรตีนคอลลาเจนเมื่อถูกความร้อนเปลี่ยนสภาพเป็นเจลาตินมีความสามารถในการยึดเกาะต่ำมาก Wagner และ Anon (1986) รายงานว่า ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งความสามารถในการละลายของโปรตีนไมโอไฟบริลลาคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้ามากแต่มีแนวโน้มลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการรวมตัวกันของโปรตีนแอกตินและไมโอซิน

2.5.2. เนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่ระดับต่างๆ แสดงในตารางที่ 10 พบว่า การกระจายตัวของเนื้อ กลิ่นรสเนื้อและรสหวานไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตัวอย่างที่มีการเติมและไม่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ ตัวอย่างที่ไม่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีคะแนนสี 3.62 เมื่อเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 ค่าคะแนนสีของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกเพิ่มขึ้นเป็น 5.49 และ 7.00 ตามลำดับ รสเค็มของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่ไม่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีคะแนน 2.86 ต่ำกว่าคะแนนรสเค็มของตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 ที่มีคะแนน 4.45 และ 4.75 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

การทดสอบ	RPC	RPP1	RPP2	RPF1	RPF2
สี	3.62 c	5.49 b	7.00 a	5.62 b	6.85 a
การกระจายตัวของเนื้อ	5.38 ns	5.08 ns	6.10 ns	5.78 ns	5.52 ns
กลิ่นรสเนื้อ	6.13 ns	5.51 ns	5.21 ns	5.43 ns	5.50 ns
รสเค็ม	2.86 b	4.45 a	4.75 a	4.18 a	4.92 a
รสหวาน	3.82 ns	4.33 ns	3.93 ns	4.58 ns	3.85 ns
ความฉ่ำน้ำ	4.00 b	5.61 a	5.66 a	5.08 a	5.56 a
ความนุ่มเนื้อ	4.17 b	5.20 a	5.14 a	5.18 a	5.15 a
การเชื่อมตัว	3.71 c	5.08 b	5.64 a	4.78 b	5.97 a

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 32

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คะแนนความฉ่ำน้ำของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 มีคะแนน 5.61 และ 5.66 ตามลำดับ ขณะที่ตัวอย่างควบคุมมีคะแนนความฉ่ำน้ำ 4.00 ความนุ่มเนื้อของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกมีคะแนน 4.17 ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และ 3 มีคะแนน 5.20 และ 5.14 ตามลำดับ คะแนนการเชื่อมตัวของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่ไม่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่า 3.71 ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดร้อยละ 1.5 และ 3 มีคะแนนการเชื่อมตัว 5.08 และ 5.65 ตามลำดับ

การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็ง พบว่า การกระจายตัวของเนื้อ กลิ่นรสและความหวานไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตัวอย่างที่มีการเติมและไม่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็ง ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 และ 3 มีคะแนนสี 5.62 และ 6.85 ตามลำดับ รสเค็มของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 และ 3 มีคะแนน 4.18 และ 4.92 ตามลำดับ คะแนนความฉ่ำน้ำของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 มีคะแนน 5.08 และตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 มีคะแนนความฉ่ำน้ำ 5.56 ความนุ่มเนื้อของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่ไม่เติมโปรตีนสกัดมีคะแนน 4.17 ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดแช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 และ 3 มีคะแนนความนุ่มเนื้อ 5.18 และ 5.15 ตามลำดับ คะแนนการเชื่อมตัวของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่ไม่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งมีค่า 3.71 ส่วนตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 และ 3 มีคะแนนการเชื่อมตัว 4.78 และ 5.97 ตามลำดับ

จากผลที่ได้กล่าวได้ว่า ไม่มีความแตกต่างของการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปสุก การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อหมูขึ้นรูปสุกพบว่า ค่าการกระจายตัวของเนื้อ กลิ่นรสและความหวานไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตัวอย่างที่มีการเติมและไม่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ ค่าสี รสเค็ม ความฉ่ำน้ำ ความนุ่มและการเชื่อมตัวของเนื้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าคะแนนสีของตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีสีน้ำตาลออกแดงเข้มกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีสีน้ำตาล เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพสีแดงของไมโอโกลบินเนื่องจาก

ความร้อนให้สีน้ำตาลอ่อน ขณะเดียวกันไนตริกออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับโปรตีนไมโอโกลบินได้สารไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน ซึ่งเมื่อถูกความร้อนจะเปลี่ยนเป็นไนโตรโซฮีโมโครมซึ่งมีสีชมพูสดทำให้เนื้อหมูขึ้นรูปมีสีเข้มขึ้นมีสีแดงชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณเม็ดสีจากฮีมที่อยู่ในโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่เติมลงไปทำให้ปริมาณของไมโอโกลบิลและฮีโมโกลบิลมีมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคมีความรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีและมาจากเนื้อที่สดและมีคุณภาพ คะแนนรสเค็มของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ เป็นผลมาจากปริมาณเกลือที่ใช้ในการสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่มีอยู่ในโปรตีนสกัดที่นำมาใช้ด้วย เมื่อนำโปรตีนสกัดมาใช้ในรูปสดโดยเติมลงในเนื้อหมูขึ้นรูปก็จะเกิดรสเค็มจากเกลือและรสเค็มมีเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดในปริมาณมากขึ้น ค่าความฉ่ำน้ำและความนุ่มซึ่งมีคะแนนของตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่สูงกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของโปรตีนไมโอไฟบริลลาซึ่งทำให้เกิดความคงตัวของอีมัลชั่น เกิดความสามารถในการจับน้ำได้ดี ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นออกไประหว่างการให้ความร้อนน้อยลง ตัวอย่างจึงมีความฉ่ำน้ำและความนุ่มดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการวัดค่าแรงเฉือนที่เพิ่มขึ้นจากการทดลองข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ทำให้เนื้อหมูขึ้นรูปมีความนุ่มเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่าการเชื่อมตัวของเนื้อ พบว่า ตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่าการเชื่อมตัวของเนื้อสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมโปรตีนสกัด แสดงให้เห็นว่า การเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้นในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปทำให้การเชื่อมตัวของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกเพิ่มขึ้น

Frederick และคณะ (1994) รายงานว่า ไส้กรอกเนื้อวัวแบบเยอรมันที่มีการเติมน้ำร้อยละ 0, 10, 20 และ 35 มีฟอสเฟตร้อยละ 0.5 และ 1.0 และมีไขมันร้อยละ 20 พบว่า ตัวอย่างที่มีการเติมไขมันร้อยละ 0 และตัวอย่างที่เติมน้ำมาก(ร้อยละ 35) มีความนุ่มและฉ่ำน้ำมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ การเติมน้ำลงไปในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ไส้กรอกมีความนุ่มและความฉ่ำน้ำเพิ่มขึ้น แต่ค่าความยืดหยุ่นและการยึดเกาะลดน้อยลง เช่นเดียวกับ Meullenet และคณะ (1994) พบว่า การเติมน้ำลงไปในไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ไส้กรอกมีความนุ่มและฉ่ำน้ำขึ้น แต่ความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ลดลง Kijowski และคณะ (1985) พบว่า การทดสอบค่าแรงเฉือนของไส้กรอกไก่ที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับคะแนน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้น ปริมาณผลผลิต กลิ่นรสเนื้อและสีของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น

ชัยณรงค์ คันธพนิต (2529) รายงานว่า ความชื้นภายในชิ้นเนื้อเป็นตัวการสำคัญในการนำความร้อนเข้าไปในใจกลางก้อนเนื้อ ขณะเดียวกันผิวหน้าเนื้อที่มีความชื้นอยู่ก็อาจชะลอการนำความร้อนได้ ซึ่งความชื้นในชิ้นเนื้อเป็นสิ่งจำเป็นในการทำให้เนื้อสุกและนุ่ม เนื่องจากสามารถไฮโดรไลซ์เนื้อเยื่อเกี่ยวพันในเนื้อได้ เช่นเดียวกับ Seideman และ Theer (1986) ซึ่งรายงานว่า ผลของความนุ่มของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีอิทธิพลมาจากโปรตีนไมโอไฟบริลลาและหรือโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน Meullent และคณะ (1994) พบว่า โปรตีนคอลลาเจนทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีความแข็งและยืดหยุ่นตัวสูงขึ้น ในขณะที่ความฉ่ำน้ำน้อยลง Turner และคณะ (1979) รายงานว่า โปรตีนไมโอซินมีการยึดเกาะตัวกันแข็งแรงกว่าโปรตีนแอกโตไมโอซิน

เมื่อพิจารณาคัดเลือกปริมาณโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนการทดลองต่อไปนั้นจะได้ตัวอย่างที่มีปริมาณโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 ด้วยเหตุผลจากการพิจารณาคุณสมบัติที่สามารถแยกความแตกต่างได้ดังต่อไปนี้

1.ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารของเนื้อหมูขึ้นรูป

2.การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่สามารถเพิ่มสีแดงของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ซึ่งจะส่งผลให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและเป็นปัจจัยแรกในการตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อมองเห็น

3.การเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อขึ้นรูปในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้มีปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาเพิ่มขึ้นและเกิดการคลายตัวเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดโครงสร้างที่มีความคงตัวและแข็งแรงขึ้น ค่าแรงเฉือนลดลงซึ่งแสดงถึงความนุ่มของเนื้อหมูขึ้นรูปเพิ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ชิ้นเนื้อมีน้ำหนักลดลงไม่มากเกินไปการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการหุงต้มต่ำ

4.โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่สามารถช่วยเพิ่มคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้ เช่น ความฉ่ำน้ำ ความนุ่มเนื้อและการเชื่อมตัวของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น ทำให้ผู้บริโภคมีความรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ

3. ผลการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองในเนื้อหมูขึ้นรูป

3.1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณความชื้นของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปอยู่ในช่วงร้อยละ 73.15 - 74.43 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 และตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 ร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 64.69 และ 62.64 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 58.24 ปริมาณไขมันของตัวอย่างควบคุมมีค่าร้อยละ 27.13 ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองและตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีปริมาณไขมันร้อยละ 31.74 และ 26.32 ตามลำดับ เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 6.63 สูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองซึ่งมีเถ้าร้อยละ 5.77 และตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 ซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุมที่มีปริมาณเถ้าร้อยละ 4.45

การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองแสดงในตารางที่ 11 มีปริมาณความชื้นของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปอยู่ในช่วงร้อยละ 73.40 - 74.43 ตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 ร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 1.5 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 62.81 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 58.92 ปริมาณไขมันของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 และตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีปริมาณไขมันร้อยละ 31.42 และ 26.03 ตามลำดับ ปริมาณเถ้าของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 พบว่า ตัวอย่างมีปริมาณเถ้าร้อยละ 7.75 สูงกว่าตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งผสมโปรตีนถั่วเหลืองซึ่งมีเถ้าร้อยละ 6.87 และสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง

ตัวอย่าง	องค์ประกอบทางเคมี(ร้อยละ)			
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
RSC	74.43 ns	64.69 a	27.13 bc	4.45 d
RSP1	73.15 ns	62.64 b	26.32 bc	5.77 c
RSP2	73.45 ns	58.24 c	31.74 a	6.63 bc
RSF1	73.40 ns	62.81 b	26.03 c	6.87 ab
RSF2	74.41 ns	58.92 c	31.42 a	7.75 a

หมายเหตุ : ปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

RSC	ตัวอย่างควบคุม(เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3)
RSP1	เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 และโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5
RSP2	เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3
RSF1	เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็ง ร้อยละ 1.5 และโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5
RSF2	เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็ง ร้อยละ 3

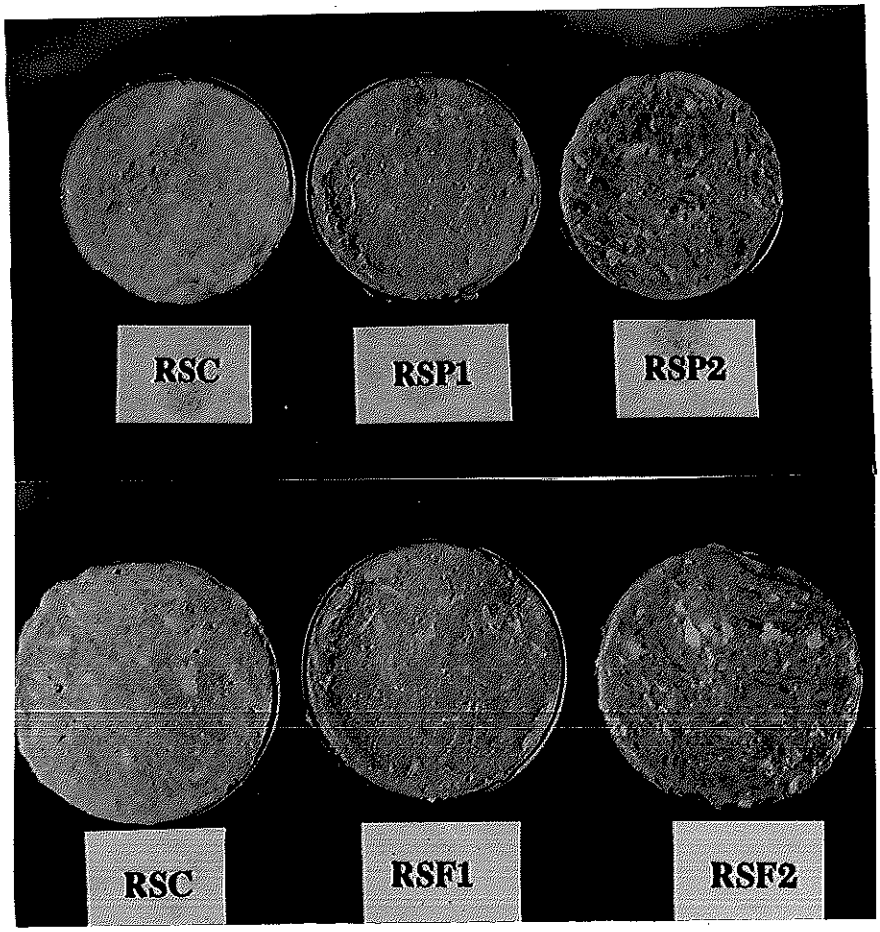
ปริมาณความชื้นในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีการปรับปริมาณน้ำให้เท่ากันในแต่ละการทดลอง ตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในโปรตีนถั่วเหลืองที่เติมลงไปในตัวอย่างมีอยู่ในปริมาณสูง ปริมาณไขมันในตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีปริมาณน้อยลง เนื่องจากในโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีปริมาณไขมันอยู่ส่วนหนึ่ง เมื่อมีการใช้ในปริมาณที่น้อยลงปริมาณไขมันจึงมีน้อยลงไปด้วย ในขณะที่โปรตีนถั่วเหลืองมีปริมาณไขมันอยู่น้อยมากจึงมีผลต่อปริมาณไขมันในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปน้อยลงไปด้วย เมื่อพิจารณาที่ปริมาณเถ้าพบว่า ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีองค์ประกอบของปริมาณเถ้ามากกว่าโปรตีนถั่วเหลือง

Lecomte และคณะ (1993) ศึกษาผลของโปรตีนถั่วเหลืองชนิดต่างๆในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์โดยมีการควบคุมให้ในแต่ละชุดการทดลองมีปริมาณน้ำ โปรตีนและไขมันให้เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน และพบว่าผลิตภัณฑ์ยังมีองค์ประกอบที่ได้แตกต่างกัน แต่สีของไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตและแป้งโปรตีนถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกัน Wang และ Zayas (1991) รายงานผลของการใช้โปรตีนข้าวโพดและโปรตีนถั่วเหลืองต่างๆในไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์พบว่า องค์ประกอบของไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมโปรตีนใดๆ ในขณะที่ปริมาณคอเลสเตอรอลลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณโปรตีนจากโปรตีนชนิดต่างๆที่เติมลงไป

3.2 คุณภาพสีของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

3.2.1 คุณภาพสีของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

ผลการทดลองในรูปที่ 10 และตารางที่ 12 พบว่า ตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 มีค่าความสว่าง 28.37 สูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองในอัตราส่วนร้อยละ 1.5 : 1.5 ที่มีค่าความสว่าง 25.37 และตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 ที่มีค่าความสว่าง 24.55 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตัวอย่างที่มีโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 มีค่าสีแดง 0.94 ซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ เมื่อมีการเติมปริมาณโปรตีนสกัดร้อยละ 1.5



รูปที่ 10 เนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ดูที่หน้า 56

ตารางที่ 12 ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง

ตัวอย่าง	ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบ		
	L-value	a-value	b-value
RSC	28.37 a	0.94 c	2.31 a
RSP1	25.37 b	1.86 b	2.21 ab
RSP2	24.55 c	2.00 b	1.82 d
RSF1	26.00 b	1.76 b	2.12 bc
RSF2	23.54 d	2.62 a	1.98 c

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 56

และลดโปรตีนถั่วเหลืองลงไปเหลือร้อยละ 1.5 ค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเป็น 1.86 และสีแดงของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่มีโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีค่า 2.00 ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 มีค่าสีเหลือง 2.31 ตัวอย่างที่มีโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่าสีเหลือง 2.21 และตัวอย่างที่มีโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีค่าสีเหลืองต่ำกว่าตัวอย่างอื่นคือ 1.82

การใช้โปรตีนสกัดแซ่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองพบว่า ตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าความสว่าง 26.00 ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งร้อยละ 3 มีค่า

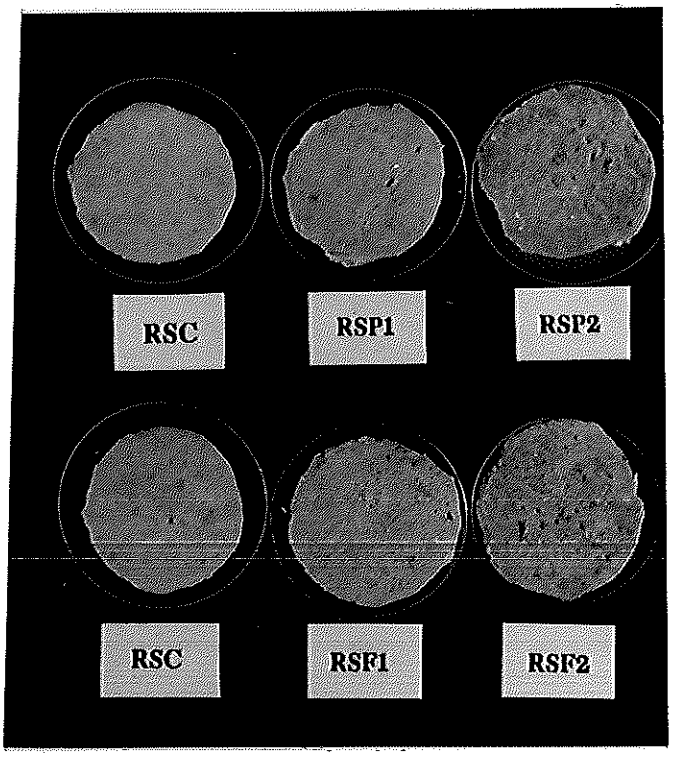
ความสว่าง 23.54 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่มีโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองและตัวอย่างที่มีโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งมีค่าสีแดง 1.76 และ 2.62 ตามลำดับ และสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งมีค่าสีเหลือง 2.12 ตัวอย่างที่มีโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 มีค่าสีเหลืองต่ำกว่าตัวอย่างอื่นคือ 1.98 จากผลการทดลองที่ได้พบว่า การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองให้ผลเช่นเดียวกับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

การเติมโปรตีนถั่วเหลืองลงในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากโปรตีนถั่วเหลืองที่เติมลงไปมีสีเหลืองออกขาว ทำให้ไปกลบสีของเนื้อหมูซึ่งมีสีแดงลง ผลิตภัณฑ์จึงมีสีจางลงมีความสว่างเพิ่มขึ้น ทำให้ลดความน่ารับประทานลง ส่วนสีแดงของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบมีค่าต่ำลงเมื่อมีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองเติมลงไปด้วย ในขณะที่สีเหลืองเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นและมีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่น้อยลง ทำให้สีแดงที่เกิดจากเม็ดสีแดงในโปรตีนสกัดน้อยลงในตัวอย่างและมีสีเหลืองจากโปรตีนถั่วเหลืองและสีจากไขมันในเนื้อหมูขึ้นรูปเด่นชัดมากขึ้น ผู้บริโภคจะรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูขึ้นรูปมีสีซีดและไม่มีความสด

Wang และ Zayas (1991) รายงานว่าการใช้โปรตีนข้าวโพด โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ไม่มีความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพสี แต่ค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับ Miller และคณะ (1987) พบว่า การเติมโปรตีนถั่วเหลืองดัดแปลงเนื้อสัมผัสร้อยละ 30 ในเนื้อวัวบดทำให้ค่าสีของเนื้อดิบลดลง

3.2.2 คุณภาพสีของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

จากรูปที่ 11 และตารางที่ 13 พบว่า ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าความสว่าง 28.93 สูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่มีค่าความสว่าง 27.74 และตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่มีค่าความสว่าง 26.33 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ค่าสีแดงของ



รูปที่ 11 เนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง
หมายเหตุ : สัญลักษณ์ดูที่หน้า 56

ตารางที่ 13 ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง

ตัวอย่าง	ค่าสีของเนื้อหมูขึ้นรูปสุก		
	L-value	a-value	b-value
RSC	28.93 a	0.78 c	3.15 a
RSP1	27.74 b	1.99 b	3.03 ab
RSP2	26.33 c	2.73 a	3.02 ab
RSF1	27.75 b	2.10 b	3.11 a
RSF2	26.18 c	2.82 a	2.91 b

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 56

ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 มีค่า 0.78 ต่ำกว่าตัวอย่างที่โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 ที่มีค่าสีแดง 2.73 ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกมีค่าสีเหลืองอยู่ในช่วง 3.02 - 3.15 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามค่าสีเหลืองมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในปริมาณสูงขึ้น

ตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือแข็ง และตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 มีค่าความสว่าง 27.75 และ 26.18 ตามลำดับ และสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่

เยื่อกแข็งมีค่าสีแดง 2.10 และตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยื่อกแข็งร้อยละ 3 มีค่าสีแดง 2.82 ซึ่งตัวอย่างในชุดการทดลองทั้งสองนี้มีค่าสีแดงต่ำกว่าค่าสีแดงของตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยื่อกแข็งและตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยื่อกแข็งร้อยละ 3 มีค่าสีเหลือง 3.11 และ 2.91 ตามลำดับเติมโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนสกัดที่มีค่าสีแดง 1.99 และตัวอย่างที่มีการเติม แสดงให้เห็นว่า การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยื่อกแข็งให้ผลเช่นเดียวกับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุก

เนื้อหมูขึ้นรูปสุกมีสีน้ำตาลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนเนื่องจากความร้อนในระหว่างการทำให้สุก การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ทำให้ตัวอย่างมีสีเข้มขึ้น มีความสว่างลดลงในขณะที่สีแดงของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปมีเพิ่มขึ้น ตัวอย่างจะมีสีน้ำตาลออกแดงมากขึ้น ตัวอย่างที่มีการใช้โปรตีนสกัดร้อยละ 3 มีสีแดงกว่าตัวอย่างอื่นๆ ส่วนค่าสีเหลืองของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปไม่แตกต่างกันแต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น การเติมโปรตีนถั่วเหลืองลงไปทำให้ความสว่างและสีเหลืองของตัวอย่างเพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากจะเป็นผลมาจากสีของถั่วเหลืองเองแล้วยังช่วยเสริมความชัดเจนของสีเนื่องจากไขมันให้เพิ่มขึ้นและทำให้ลดความเข้มของสีแดงลง การใช้โปรตีนสกัดในปริมาณที่น้อยลงจะทำให้ปริมาณเม็ดสีไมโอโกลบินน้อยลง เนื้อหมูขึ้นรูปมีสีแดงน้อยลงด้วย Gillett และ Carpenter (1992) รายงานว่า การใช้โปรตีนถั่วเหลืองทำให้เนื้อไก่บดมีสีสว่างขึ้น

3.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

ผลจากตารางที่ 14 และรูปที่ 12 พบว่า ตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าแรงเฉือน 2.86 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 ที่มีค่าแรงเฉือน 19.63 และ 20.48 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ส่วนตัวอย่างที่มีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยื่อกแข็งให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

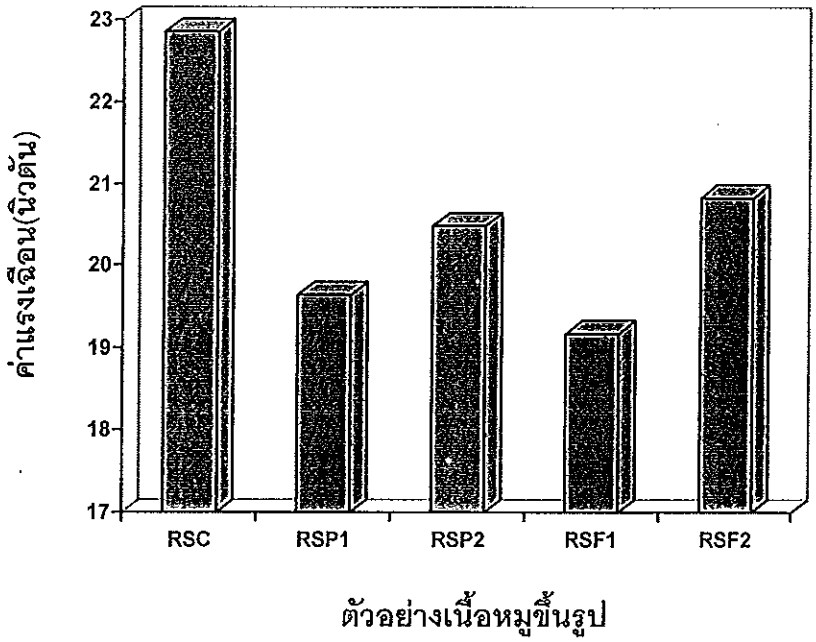
การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ทำให้ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปมีค่าแรงเฉือนน้อยลง ซึ่งแสดงถึงความนุ่มของตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีโปรตีนไมโอไฟบริลลาเพิ่มขึ้นในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูป ในขณะที่ผลจากการเกิดเจลของโปรตีนคอลลาเจนที่ทำให้ชิ้นเนื้อ

ตารางที่ 14 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง

ตัวอย่าง	แรงเฉือน (N)
RSC	22.86 a
RSP1	19.63 c
RSP2	20.48 b
RSF1	19.17 c
RSF2	20.83 b

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 56



รูปที่ 12 ค่าแรงเฉือนของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง
หมายเหตุ : สัญลักษณ์ดูที่หน้า 56

มีความแข็งเพิ่มขึ้นจะมีสัดส่วนน้อยลง จากผลที่ได้พบว่าตัวอย่างที่มีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ ซึ่งหมายถึงมีความนุ่มของตัวอย่างเพิ่มขึ้นมากกว่า ซึ่งอาจมีผลเนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองเข้าไปมีผลต่ออีมัลชั่นของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปร่วมกับโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ โดยทำให้ความสามารถในการจับตัวกับน้ำเพิ่มขึ้นและปริมาณไขมันที่ทำให้เกิดความแข็งน้อยลงเนื่องจากมีปริมาณไขมันจากโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่น้อยลง ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปจึงมีความนุ่มเพิ่มขึ้น

Siegel และคณะ (1979) รายงานว่า โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตช่วยเสริมความสามารถในการจับกับน้ำของโปรตีนไมโอไฟบริลลาและมีผลเพิ่มความเข้มข้นของเกลือและฟอสเฟตในแฮมทำให้โครงสร้างของเจลที่เกิดแน่นขึ้นมากกว่าการมีแต่โปรตีน

ไมโอซินการใช้โปรตีนไมโอซินร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตให้โครงสร้างของเจลที่เกิดขึ้นดีกว่าโครงสร้างที่มีแต่โปรตีนไมโอซิน ในขณะที่ Kardouch และคณะ (1978) รายงานว่า เมื่อมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่งวงบดที่ระดับร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 ค่าแรงเฉือนลดลงและมีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตมีผลต่อค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์มากกว่าสภาวะที่ใช้ในการบ่มเนื้อ

Berry (1992) รายงานว่า เมื่อลดปริมาณไขมันในเนื้อวัวบดลง ค่าแรงเฉือนจะเพิ่มขึ้น Wang และ Zayas (1991) รายงานว่า การใช้โปรตีนข้าวโพด โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตเติมลงในในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ทำให้ rupture force ลดลง ในขณะที่ค่า firmness ลดลง

3.4 ผลการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

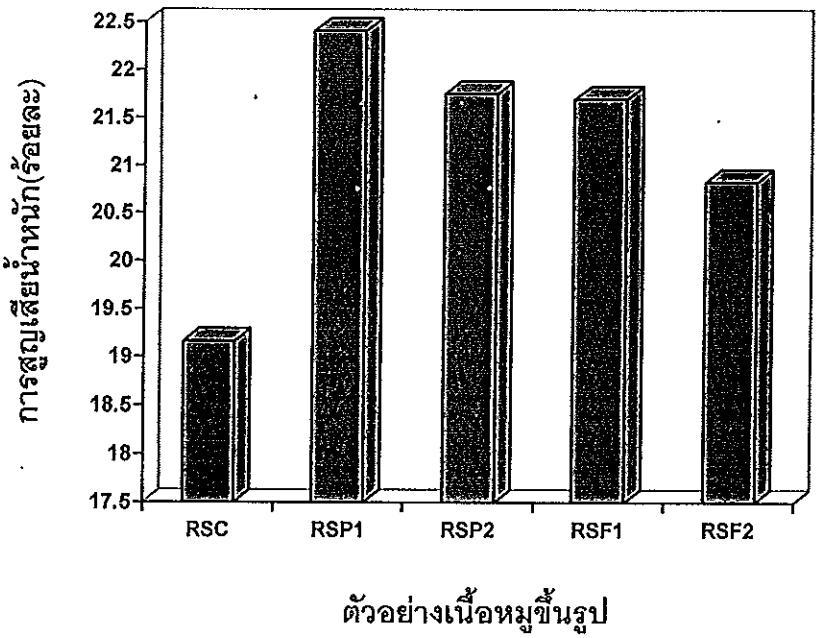
ผลการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลืองในเนื้อหมูขึ้นรูปต่อการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มแสดงในตารางที่ 15 และรูปที่ 13 พบว่า ตัวอย่างควบคุมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มร้อยละ 19.16 ตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มร้อยละ 22.41 และตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มร้อยละ 21.76 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งและโปรตีน ถั่วเหลืองในเนื้อหมูขึ้นรูปต่อการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละการทดลอง โดยตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองและตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งร้อยละ 3 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มร้อยละ 21.70 และ 21.16 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ทั้งโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลืองมีความสามารถลดการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการหุงต้มได้ เพราะเมื่อมีการเพิ่มหรือลดการใช้โปรตีนตัวใดตัวหนึ่งลงและใช้อีกตัวหนึ่งแทนก็มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลจากการทดลอง พบว่า การใช้โปรตีนถั่วเหลืองมีแนวโน้มที่สามารถลดการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการหุงต้มได้ดีกว่าเนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสามารถจับกับน้ำและไขมันได้ดี

ตารางที่ 15 การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง

ตัวอย่าง	การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)
RSC	19.16 ns
RSP1	22.41 ns
RSP2	21.76 ns
RSF1	21.70 ns
RSF2	21.16 ns

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 56



รูปที่ 13 ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้มของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ดูที่หน้า 56

Carpenter (1989) รายงานว่า การใช้ส่วนผสมอื่นๆ เช่น สารยึดเกาะที่ไม่ใช่โปรตีนเนื้อสามารถเพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสและเนื้อสัมผัสของไส้กรอกไก่รมควันมากกว่าการใช้แต่เนื้ออย่างเดียว การเติมโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของไส้กรอกไก่รมควัน ซึ่ง Siegel และคณะ (1979) ได้รายงานว่า การใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตในผลิตภัณฑ์แฮมเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะชิ้นเนื้อและปริมาณผลผลิต ซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถในการจับกับน้ำของโปรตีนถั่วเหลือง ทำให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียในระหว่างการหุงต้มน้อยลงและช่วยลดปฏิกริยาเนื่องจากผลของน้ำส่วนเกินในชิ้นเนื้อที่จะจับตัวกับโปรตีนไมโอไฟบริลลาที่สกัดจากเนื้อ Gillett และ Carpenter (1992) รายงานว่า การใช้โปรตีนถั่วเหลืองช่วยในการ

เพิ่มปริมาณของผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับ Lecomte และคณะ (1993) รายงานว่า การใช้โปรตีนถั่วเหลืองชนิดต่างๆในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากการหุงต้ม ลดการสูญเสียผลผลิตและเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถในการจับกับน้ำของโปรตีนถั่วเหลือง Wang และ Zayas (1991) รายงานว่า การใช้โปรตีนข้าวโพด โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์มีค่าการสูญเสียจากการหุงต้มต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมโปรตีนใดๆ เนื่องจากโปรตีนจากพืชเหล่านี้ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับกับน้ำทำให้ลดการสูญเสียในระหว่างการหุงต้ม Carlin และคณะ (1978) รายงานว่า โปรตีนถั่วเหลืองดัดแปลงเนื้อสัมผัสช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ลง ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองดัดแปลงเนื้อสัมผัสมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณไขมันลดลง Gillett (1992) รายงานว่า การใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตในเนื้อไก่บดช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากการหุงต้มและช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะตัวของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บด

3.5 ผลทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

3.5.1 เนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

จากตารางที่ 16 พบว่า กลิ่นเนื้อ กลิ่นออกซิไดซ์และการเชื่อมตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$)ในแต่ละชุดการทดลอง ในขณะที่สี การกระจายตัวของเนื้อ กลิ่นผิดปกติและความฉ่ำน้ำของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) โดยสีของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 ซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุมมีคะแนนสี 4.56 ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองในอัตราส่วนร้อยละ 1.5 : 1.5 มีคะแนนสี 5.63 และสีของตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีคะแนน 7.37 ซึ่งเห็นได้ว่า ผู้ทดสอบเห็นว่าตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีสีค่อนข้างแดงกว่าตัวอย่างอื่นๆ และเป็นสีที่ใกล้เคียงสีของเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพโดยทั่วไป ในขณะที่สีของตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองมีสีแดงค่อนข้างต่ำ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดสอบโดยการวัดคุณภาพสีด้วยเครื่องมือ ตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนนการกระจายตัวของเนื้อ 5.32 ซึ่งน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วม

ตารางที่ 16 การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง

การทดสอบ	RSC	RSP1	RSP2	RSF1	RSF2
สี	4.56 c	5.63 b	7.37 a	5.37 b	7.06 a
การกระจายตัวของเนื้อ	5.32 b	5.78 ab	6.02 a	5.75 ab	6.32 a
กลิ่นเนื้อ	4.21 ns	4.90 ns	4.60 ns	4.72 ns	4.74 ns
กลิ่นออกซิไดซ์	2.85 ns	3.24 ns	2.89 ns	3.26 ns	2.40 ns
กลิ่นผิดปกติ	3.35 b	3.23 c	3.53 a	3.08 c	3.77 a
ความฉ่ำน้ำ	5.10 b	5.95 ab	5.93 a	5.35 ab	5.99 a
ความนุ่มเนื้อ	5.09 a	5.88 a	6.36 a	5.58 b	5.82 b
การเชื่อมตัว	5.10 ns	5.68 ns	5.87 ns	5.22 ns	5.59 ns

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สัญลักษณ์ดูที่หน้า 56

กับโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนนการกระจายตัวของเนื้อ 5.78 ตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีคะแนนการกระจายตัวของเนื้อ 6.02 โดยตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีการ กระจายตัวของเนื้อที่ดีและสม่ำเสมอกว่าตัวอย่างอื่นๆ การประเมินกลิ่นผิดปกติพบว่า ตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนน 3.35 ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนนกลิ่นผิดปกติ 3.23 และตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีคะแนนกลิ่นผิดปกติ 3.53 คะแนนความฉ่ำน้ำของตัวอย่างควบคุมมีคะแนน 5.10 ส่วนตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนน 5.95 ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีคะแนนความฉ่ำน้ำ 5.93 ซึ่งเห็นได้ว่า เมื่อมีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้นคะแนนความฉ่ำจะเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความนุ่มเนื้อและค่าการเชื่อมตัวของเนื้อแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) แต่คะแนนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองพบว่า กลิ่นเนื้อ กลิ่นออกซิไดซ์และการเชื่อมตัวไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็งและตัวอย่างควบคุม ในขณะที่สี การกระจายตัวของเนื้อ กลิ่นผิดปกติและความฉ่ำน้ำของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) จากผลการทดลองที่ได้พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แซ่เยือกแข็ง

สีแดงของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณที่ลดลง เนื่องจากสีของโปรตีนถั่วเหลืองที่เติมไปบดบังสีแดงของเนื้อสัตว์มีน้อยลงและมีสีแดงจากโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น การกระจายตัวของเนื้อในตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 สูงกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในรูปโปรตีนสดและมีสารสกัดที่มีเกลืออยู่ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้องค์ประกอบ เช่น น้ำ ไขมันและโปรตีนไมโอไฟบริลลามีการจับตัวและกระจายกันอยู่อย่างสม่ำเสมอ ส่งผลถึงความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกัน กลิ่นผิดปกติของตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 สูงกว่าตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองลงไปด้วย ซึ่งเห็นได้ว่า กลิ่นผิดปกติมีค่าน้อยเมื่อมีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่น้อยลง กลิ่นผิดปกติเกิดจากโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่เติมลงไป ซึ่งอาจเกิดจากการหืนของ

ไขมันในโปรตีนสกัดที่เกิดระหว่างขั้นตอนการสกัดโปรตีนและกลิ่นคาวของโปรตีนสกัดเมื่อนำมาใช้จะเกิดกลิ่นที่ผสมกับกลิ่นอื่นๆเช่น กลิ่นเนื้อหมู ทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติออกไปจากกลิ่นออกซิไดซ์และกลิ่นเนื้อหมูที่ผู้ทดสอบได้รับ กลิ่นผิดปกติที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากกลิ่นถั่วเหลือง เมื่อมีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง กลิ่นผิดปกติที่เกิดจากโปรตีนสกัดจะช่วยกลบกลิ่นถั่วที่เกิดจากโปรตีนถั่วเหลือง ในขณะที่กลิ่นถั่วจะช่วยกลบกลิ่นหืนของโปรตีนสกัด ทำให้ตัวอย่างมีกลิ่นผิดปกติที่ผู้ทดสอบรู้สึกได้มีน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ส่วนความนุ่มเนื้อและการเชื่อมตัวของเนื้อในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบในแต่ละการทดลองแม้ว่าจะไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นเพราะตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลามากขึ้นซึ่งส่งผลถึงความคงตัวของอีมัลชั่นที่เกิดขึ้น

Miller และคณะ (1987) รายงานว่า เนื้อวัวผสมเนื้อหมูบดมีการยอมรับรวม รสชาติและความนุ่มลดลงเมื่อมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองดัดแปลงเนื้อสัมผัสลงไปด้วย การเติมโปรตีนถั่วเหลืองดัดแปลงเนื้อสัมผัสร้อยละ 30 ในเนื้อวัวบดทำให้ค่าสีของเนื้อดิบลดลง ลักษณะทั่วไปของเนื้อวัวบดทั้งสุกและดิบต่ำลง กลิ่นรสและการยอมรับต่ำลงเมื่อเทียบกับเนื้อวัวบดที่ไม่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองดัดแปลงเนื้อสัมผัส แต่ไม่พบความแตกต่างของความฉ่ำน้ำ Matulis และคณะ (1995) พบว่า การเติมโปรตีนถั่วเหลืองช่วยเพิ่มความแข็งของไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ แต่ทำให้การเกาะตัวและความฉ่ำน้ำลดลง Brewer (1992) รายงานว่า การใช้โปรตีนถั่วเหลืองในเนื้อวัวบดจะลดกลิ่นเนื้อลง แต่กลิ่นผิดปกติเพิ่มขึ้น ส่วน Berry (1992) รายงานว่า เมื่อลดปริมาณไขมันในเนื้อวัวบดลง ความนุ่ม ความฉ่ำน้ำและกลิ่นรสลดลง

3.5.2 **เนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง**

จากตารางที่ 17 พบว่า คะแนนการกระจายตัวของเนื้อ กลิ่นรสเนื้อ รสหวานและความนุ่มเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนคะแนนสี รสเค็ม ความฉ่ำน้ำและการเชื่อมตัวของเนื้อมีค่าแตกต่างกันคือ ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีคะแนนสี 6.97 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองที่มีคะแนนสี 5.96 และตัวอย่างที่เติมโปรตีน

ถั่วเหลืองร้อยละ 3 ที่มีคะแนนสี 4.07 ซึ่งเห็นได้ว่า เมื่อมีปริมาณการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้นคะแนนสีของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับรสเค็มของตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เติมลงไป โดยตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีคะแนนรสเค็ม 3.57 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลืองที่มีคะแนนรสเค็ม 2.98 และตัวอย่างที่มีโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 มีคะแนนรสเค็ม 2.74 ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีคะแนนความฉ่ำน้ำ 5.22 สูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองและตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 ซึ่งมีคะแนนความฉ่ำน้ำ 4.66 และ 4.15 ตามลำดับ ส่วนคะแนนการเชื่อมตัวของเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองและตัวอย่างที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 มีคะแนนการเชื่อมตัว 6.19 , 5.52 และ 4.98 ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าคะแนนการเชื่อมตัวลดลงเมื่อมีโปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณเพิ่มขึ้น

ผลการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าคะแนนการกระจายตัวของเนื้อ กลิ่นรสเนื้อ รสหวานและความนุ่มเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) ส่วนคะแนนสี รสเค็ม ความฉ่ำน้ำและการเชื่อมตัวของเนื้อมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ($P<0.05$) ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 มีคะแนนสี 6.84 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนนสี 5.16 รสเค็มของตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 สูงกว่าตัวอย่างควบคุมคือมีคะแนน 3.98 และสูงกว่าตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองที่มีคะแนนรสเค็ม 2.94 ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งและตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนนความฉ่ำน้ำ 5.02 และ 4.58 ตามลำดับ ส่วนคะแนนการเชื่อมตัวของตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองและตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร้อยละ 3 มีคะแนน 5.05 และ 6.05 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P<0.05$) จากการทดลองพบว่า ผลของการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองให้ผลเช่นเดียวกับการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่แช่เยือกแข็งร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

คะแนนสีของตัวอย่างลดลงเมื่อมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลจากสีของถั่วเหลืองดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ตัวอย่างที่มีโปรตีนถั่วเหลืองมีสีค่อนข้างเหลืองออกขาว ในขณะที่ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีสีแดงออกน้ำตาลซึ่งเป็นลักษณะสีที่คล้ายกับสีของเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีที่ผ่านความร้อนแล้ว ซึ่งจะมีความน่ารับประทานมากกว่า ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกมีแนวโน้มของกลิ่นรสลดลงเมื่อมีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีกลิ่นถั่วเพิ่มขึ้นและไปกลบกลิ่นเนื้อหมูลง เช่นเดียวกับรสเค็มซึ่งพบว่า เมื่อมีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นรสเค็มของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีความเค็มเนื่องจากปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในกระบวนการสกัดอยู่ เมื่อเพิ่มปริมาณการใช้รสเค็มจึงเพิ่มขึ้นด้วย ความฉ่ำน้ำและการเชื่อมตัวของเนื้อซึ่งมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่น้อยลง ทำให้ปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาน้อยลง ดังนั้นการจับตัวกับน้ำและความคงตัวของอีมัลชั่นก็น้อยลงด้วย

Kardouch และคณะ (1978) รายงานว่า เมื่อมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่งวงบดที่ระดับร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 ทำให้กลิ่นรส ความนุ่มเนื้อสัมผัสและการยอมรับเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมในปริมาณที่สูงขึ้น ขณะที่ Siegel และคณะ (1979) รายงานว่า การใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์แฮมมีความสามารถในการยึดเกาะชิ้นเนื้อดีขึ้น กลิ่นรส การกระจายตัวของเนื้อ ลักษณะปรากฏและการยอมรับรวมลดลง

Wang และ Zayas (1991) รายงานว่าการใช้โปรตีนข้าวโพด โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ไม่มีความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพสี แต่กลิ่นรสเพิ่มขึ้นในตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าวโพดและโปรตีนถั่วเหลือง อย่างไรก็ตามสีแดงของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง ตัวอย่างที่มีกลิ่นรสเนื้อต่ำจะมีกลิ่นรสผิดปกติสูงซึ่งเป็นผลมาจากกลิ่นถั่วและกลิ่นข้าวโพดไปบดบังกลิ่นรสเนื้อของผลิตภัณฑ์ Carlin และคณะ (1978) รายงานว่า เมื่อมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองดัดแปลงเนื้อสัมผัสลงในผลิตภัณฑ์เนื้อวัวบดในปริมาณมากขึ้นกลิ่นและรสชาติของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่กลิ่นเนื้อวัวลดลง Kijowski และคณะ (1985) พบว่า การเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในไส้กรอกไก่ทำให้การเกาะตัว ความฉ่ำน้ำ กลิ่นรสและความชอบดีขึ้น แต่เมื่อมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองลงไปด้วยจะทำให้กลิ่นรสและความชอบลดลง

เมื่อพิจารณาผลการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลืองพบว่าปริมาณโปรตีนที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนการทดลองต่อไปคือ ชุดการทดลองที่ใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 และชุดการทดลองที่ใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 โดยมีเหตุผลคือ พิจารณาจากคุณสมบัติที่สามารถแยกความแตกต่างได้ดังต่อไปนี้

1.การเลือกโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3 มีเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วในการทดลองเพื่อคัดเลือกปริมาณโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่ใช้ในเนื้อหมูขึ้นรูป

2.การใช้โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 แม้ว่าจะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารเนื่องจากให้ปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นมาก แต่ลักษณะโดยรวมลดลง เช่น ผลิตภัณฑ์มีสีจางลงมีความสว่างเพิ่มขึ้นทำให้ลดความน่ารับประทานลง สีแดงของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบมีค่าต่ำลงในขณะที่ค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกมีแนวโน้มของกลิ่นรสลดลงเมื่อมีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีกลิ่นถั่วเพิ่มขึ้นและไปกลบกลิ่นเนื้อหมูลง ความจ่ำน้ำและการเชื่อมตัวของเนื้อซึ่งลดลงเนื่องจากมีปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาน้อยลง ดังนั้นการจับตัวกับน้ำและความคงตัวของอีมัลชั่นก็น้อยกว่าการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่มีโปรตีนไมโอไฟบริลลาอยู่

3.การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองสามารถช่วยชดเชยคุณภาพที่ด้อยลงของการใช้โปรตีนถั่วเหลืองได้ เช่น โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลืองมีความสามารถที่จะช่วยลดการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการหุงต้มได้ เพราะเมื่อมีการเพิ่มหรือลดการใช้โปรตีนตัวใดตัวหนึ่งลงและใช้อีกตัวหนึ่งแทนก็มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน สามารถเพิ่มสีแดงของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ กลิ่นผิดปกติน้อยลง ความจ่ำน้ำ ความนุ่มเนื้อและการเชื่อมตัวของเนื้อหมูขึ้นรูปเพิ่มขึ้นกว่าการใช้โปรตีนถั่วเหลือง

4. คุณภาพการเก็บรักษาของเนื้อหมูขึ้นรูป

4.1 การเก็บรักษาเนื้อหมูขึ้นรูปโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 18 และรูปที่ 14 พบว่า ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีพีเอชเริ่มต้น 5.88 และพีเอชจะลดลงจนมีพีเอช 5.5 ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีทิศทางการเปลี่ยนแปลงของพีเอชเช่นเดียวกัน โดยตัวอย่างมีพีเอชวันที่ 0 เป็น 6.32 และพีเอชลด

ตารางที่ 18 คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (วัน)	พีเอช		TBA[1]		คะแนนสี[2]		กลิ่นออกซิไดซ์[3]		การยอมรับรวม[4]	
	RSP	RPP	RSP	RPP	RSP	RPP	RSP	RPP	RSP	RPP
0	5.88	6.32	1.27	1.81	6.03	7.12	2.87	3.22	5.30	6.25
2	5.52	5.53	5.32	6.57	5.60	6.65	3.30	3.37	5.00	6.37
4	5.72	5.69	6.02	7.47	5.78	4.95	4.52	3.87	5.12	5.62
6	5.47	5.42	6.11	6.70	6.12	5.45	5.85	5.86	5.12	4.87
8	5.52	5.48	9.04	8.05	4.26	3.76	6.78	7.30	4.25	3.87

หมายเหตุ RSP เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 1.5 ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5

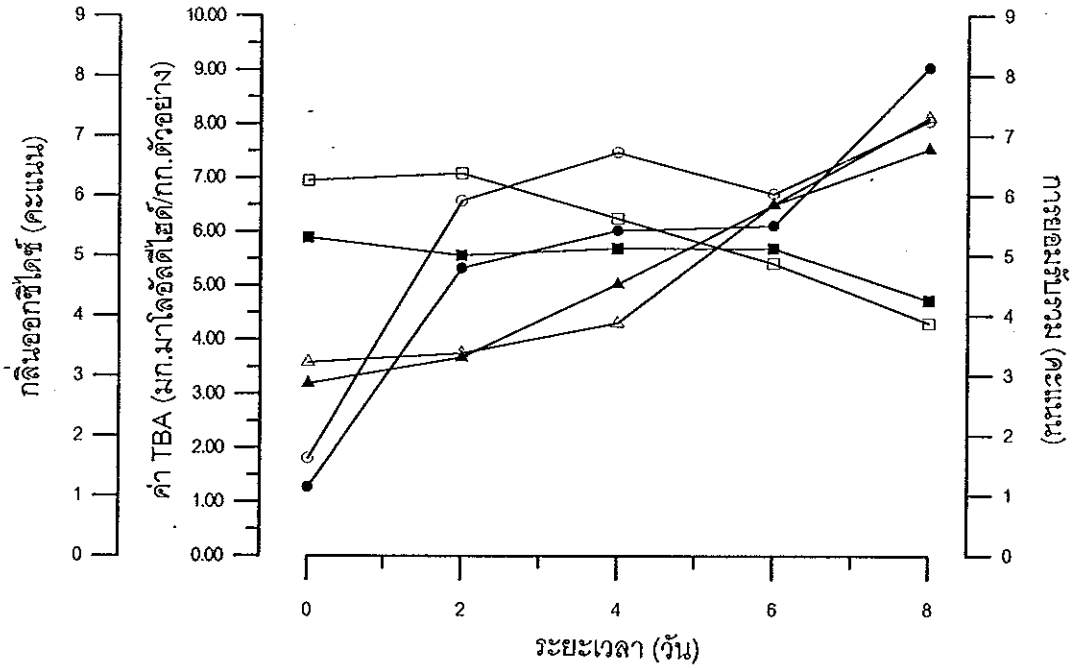
RPP เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร้อยละ 3

TBA[1] มก.มาโลอัลดีไฮด์ต่อ กก.ตัวอย่าง

คะแนนสี[2] คะแนน 0 - 10

กลิ่นออกซิไดซ์[3] คะแนน 0 - 10

การยอมรับรวม[4] คะแนน 0 - 9



รูปที่ 14 คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ

- ค่า TBA ของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง
- ค่า TBA ของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่
- กลิ่นออกซิไดซ์ของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง
- กลิ่นออกซิไดซ์ของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่
- การยอมรับรวมของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่และโปรตีนถั่วเหลือง
- การยอมรับรวมของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่

ลงจนมีค่า พีเอชเป็น 5.48 เมื่อเก็บรักษาถึงวันที่ 8 จากผลที่ได้เห็นได้ว่า พีเอชของตัวอย่างลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Clarke และคณะ(1987) ซึ่งรายงานว่า พีเอชเริ่มต้นของเนื้อมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพีเอชลดลง

ค่า TBA หรือปริมาณกรดไทโอบาบิทูริกใช้เป็นตัวบ่งชี้อัตราการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน จากผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองและตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่า TBA เริ่มต้น 1.27 และ 1.81 ตามลำดับ ค่าTBA เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่า 5.32 และ 6.57 ในวันที่ 2 และมีค่า 9.04 และ 8.05 ตามลำดับในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา การทดลองแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีการหืนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูป

คะแนนสีของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองและตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนนสีเริ่มต้น 6.03 และลดลงเหลือ 4.26 ในวันที่ 8 ส่วนตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีคะแนนสี 7.12 ในวันที่ 0 และมีคะแนนสี 3.76 ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ในขณะที่คะแนนกลิ่นออกซิไดซ์ของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปเพิ่มขึ้นและสอดคล้องกับค่า TBA ซึ่งแสดงการหืนที่เกิดจากปฏิกริยาออกซิเดชั่น โดยตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนนกลิ่นออกซิไดซ์เพิ่มจาก 2.87 ในวันที่ 0 เป็น 6.78 ในวันที่ 8 ส่วนตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีคะแนนกลิ่นออกซิไดซ์เริ่มต้น 3.22 และเพิ่มเป็น 7.30 ในวันที่ 8 ส่วนคะแนนความชอบรวมของตัวอย่างซึ่งในที่นี้จะใช้เป็นตัวบ่งชี้การยอมรับของตัวอย่าง โดยกำหนดคะแนนอยู่ในช่วง 0 - 9 และใช้ระดับคะแนนที่ต่ำกว่า 5 เป็นเกณฑ์กำหนดตัวอย่างที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ยอมรับ การทดลองพบว่า คะแนนการยอมรับของของตัวอย่างลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนนเริ่มต้น 5.30 และลดลงจนผู้บริโภคไม่ยอมรับในวันที่ 7 - 8 โดยมีคะแนนการยอมรับในวันที่ 8 เป็น 4.25 ส่วนตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีคะแนนการยอมรับวันที่ 0 เป็น 6.25 และลดลงจนมีคะแแนน 4.87 ซึ่งเป็นคะแนนที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งจากผลนี้เห็นได้ว่า ตัวอย่าง

เนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีคะแนนสีและค่า TBA ที่วันที่ 6 สูงกว่าตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง และมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสต่ำกว่าเล็กน้อย ซึ่งเกิดเนื่องจากปริมาณไขมันจากโปรตีนสกัดมีปริมาณสูงกว่าและมีการหืนเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่มาก่อนแล้ว

Babu และคณะ (1993) รายงานว่า การใช้โปรตีนไอโซเลตที่ได้จากการสกัดด้วยด่างจากปอดและกะเพาะอาหารของแกะ พบว่าเป็นวิธีการสกัดที่ง่ายและมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคต่ำ และเมื่อนำโปรตีนที่ได้ไปใช้โดยเติมลงไปในเนื้อแกะบดสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิช่วง 3 - 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วันโดยไม่มีการเสื่อมเสียของคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค

Winger และคณะ (1979) รายงานว่า เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้น พีเอชของเนื้อสัตว์จะลดลงและที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาต่างกันจะส่งผลต่อการลดลงของพีเอชที่แตกต่างกันด้วย โดยพบว่า เมื่อมีการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิสูงขึ้นการลดลงของพีเอชมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า

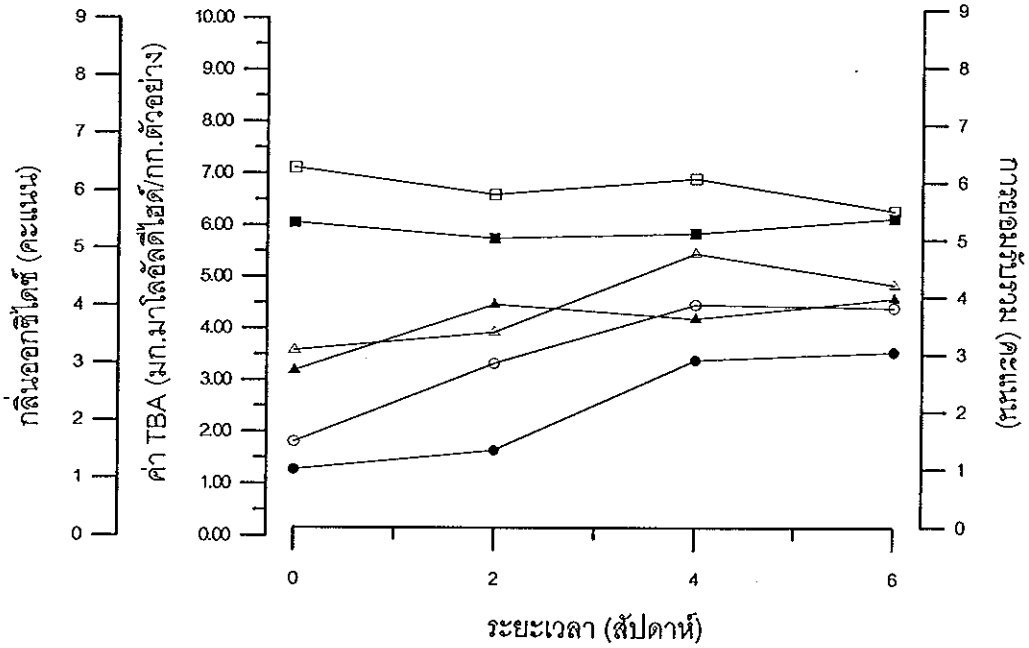
4.2 การเก็บรักษาเนื้อหมูขึ้นรูปโดยการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 19 และรูปที่ 15 พบว่า ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีพีเอชค่อนข้างคงที่ในช่วงเวลา 0 - 6 สัปดาห์ คืออยู่ในช่วง 5.74 - 5.89 ในขณะที่ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีพีเอชเริ่มต้น 6.32 และลดลงเล็กน้อยจนถึงสัปดาห์ที่ 6 จะมีค่าพีเอช 5.77 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า พีเอชของตัวอย่างทั้งสองการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงพีเอชที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสน้อยมาก สำหรับค่า TBA ของตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองเริ่มต้น 1.27 และเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และมีค่าเป็น 3.54 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ สำหรับตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ก็มีค่า TBA ที่เพิ่มขึ้นตลอด โดยมีค่า TBA เริ่มต้นที่สัปดาห์ที่ 0 เป็น 1.81 และมีค่า TBA ที่สัปดาห์ที่ 6 เป็น 4.40 ซึ่งพบว่าค่า TBA ของตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง เนื่องจากมีปริมาณไขมันจากโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ที่เติมลงไปมากกว่าทำให้เกิดออกซิเดชั่นมากขึ้น

ตารางที่ 19 คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (สัปดาห์)	พีเอช		TBA		คะแนนสี		กลิ่นออกซิไดซ์		การยอมรับรวม	
	RSP	RPP	RSP	RPP	RSP	RPP	RSP	RPP	RSP	RPP
0	5.88	6.32	1.27	1.81	6.03	7.12	2.87	3.22	5.30	6.25
2	5.74	5.90	1.64	3.32	5.50	6.44	4.02	3.53	5.02	5.78
4	5.83	5.66	3.38	4.46	4.31	6.78	3.77	4.91	5.11	6.06
6	5.89	5.77	3.54	4.40	4.88	5.21	4.12	4.36	5.37	5.50

หมายเหตุ สัญลักษณ์ดูที่หน้า 77



รูปที่ 15 คุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ สัญลักษณ์ดูที่หน้า 78

คะแนนสี กลิ่นออกซิไดซ์และความชอบรวมของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองและตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีคะแนนสีเริ่มต้น 6.03 และ 7.12 ตามลำดับ และลดลงในช่วงการเก็บรักษาจนมีคะแนนสีเป็น 4.88 และ 5.21 ตามลำดับในสัปดาห์ที่ 6 ส่วนคะแนนกลิ่นออกซิไดซ์ที่สัปดาห์ที่ 0 ของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนน 2.87 และเพิ่มขึ้นเป็น 4.12 ในสัปดาห์ที่ 6 คะแนนกลิ่นออกซิไดซ์ของตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยมีคะแนน 3.22 ในสัปดาห์ที่ 0 และมีค่า 4.36 ในสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งจากผลที่ได้จะเห็นว่า กลิ่นออกซิไดซ์ที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษามีความสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า TBA ซึ่งแสดงการหืนที่เกิดขึ้นและตัวอย่างที่เติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีกลิ่นหืนสูงกว่าตัวอย่างอื่น คะแนนความชอบรวมของตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักโดยมีแนวโน้มลดลงทั้งสองตัวอย่าง และผู้บริโภคยังยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

จากการทดลองเห็นได้ว่า ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปมีการเปลี่ยนแปลงของ ค่า TBA สีและกลิ่นหืนตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส โดยสีของตัวอย่างลดลง ในขณะที่ค่า TBA และกลิ่นออกซิไดซ์เพิ่มขึ้น ผู้บริโภคยังคงยอมรับผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์

Marriott และคณะ (1988) รายงานว่า ค่า TBA เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาแช่เยือกแข็งในการเก็บรักษานานขึ้น สอดคล้องกับ Brewer (1992) พบว่า เวลาในการแช่เยือกแข็งที่เพิ่มขึ้น ทำให้กลิ่นรสผิดปกติและค่า TBA เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสผิดปกติมาจากการเกิดการหืนของไขมัน Brewer และคณะ (1992) รายงานว่า การเกิดการหืนและค่า TBA ที่เพิ่มขึ้นในช่วงการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็งขึ้นกับชนิดของภาชนะบรรจุ ซึ่ง Taylor และ Shaw (1977) พบว่า เนื้อวัวสีคล้ำที่มีพีเอช 6.2 - 6.7 จะมีกลิ่นผิดปกติและเกิดสีเขียวหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 สัปดาห์ ไม่ว่าจะบรรจุในภาชนะที่มีความสามารถในการแพร่ผ่านของอากาศระดับใด ในขณะที่เนื้อวัวที่มีพีเอช 5.9 - 6.1 ในภาชนะที่มีการซึมผ่านของอากาศสูง(73 และ 92 cm^3/m-day-atm.O_2)จะเกิดลักษณะเช่นนี้ได้ แต่จะไม่เกิดในเนื้อวัวที่บรรจุในภาชนะที่มีการซึมผ่านของอากาศต่ำ (23 และ 25 cm^3/m-day-atm.O_2) และในภาชนะที่บรรจุเนื้อวัวที่มีพีเอช 5.4 - 5.5 ซึ่งพีเอชจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา

Wagner และ Anon (1985) รายงานว่า กระบวนการแช่เยือกแข็งมีผลต่อโปรตีน ไมโอซินโดยจะทำให้เกิดการคลายตัวบางส่วนของโปรตีนไมโอซิน มีส่วนที่ไม่ชอบน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำของโปรตีนไมโอไฟบริลลาลดลง และอัตราการแช่เยือกแข็งที่ช้าลงจะทำให้เกิดการคลายตัวเพิ่มขึ้น Salih (1989) รายงานว่า เกลือโซเดียมคลอไรด์เป็นสารป้องกันการหืนซึ่งมีคุณสมบัติขึ้นอยู่กับความเข้มข้น การเกิดการหืนสามารถลดลงได้เมื่อมีการใช้เกลือ การเลือกภาชนะบรรจุและการเลือกใช้สารกันหืนอื่นๆ

บทที่ 4

สรุป

1. การสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่

การสกัดโปรตีนจากกระดูกไก่ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 6 ผสมกับโซเดียมไนไตรต์ร้อยละ 0.015 แอสคอร์เบตร้อยละ 0.05 และโซเดียมไพโรฟอสเฟตร้อยละ 0.3 ในอัตราส่วนสารละลายต่อกระดูก 1.5 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ได้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 89.17 ปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้า เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งร้อยละ 29.63, 22.68 และ 39.93 ตามลำดับ กระบวนการที่ใช้สกัดโปรตีนให้ผลผลิตร้อยละ 55.43 โปรตีนที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวข้นสีแดงออกชมพู

2. การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อหมูขึ้นรูป

ปริมาณโปรตีนและไขมันของเนื้อหมูขึ้นรูปมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในปริมาณเพิ่มขึ้น ปริมาณเถ้าของเนื้อหมูขึ้นรูปเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบที่มีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่มีความสว่างลดลง มีสีแดงเพิ่มขึ้น ในขณะที่สีเหลืองลดลง ความสว่างและสีเหลืองของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปสุกลดลง มีสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ ค่าแรงเฉือนมีแนวโน้มลดลง เนื้อหมูขึ้นรูปมีความนุ่มเพิ่มขึ้น การสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการหุงต้มมีน้อยลง

เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ทำให้สีแดง ความนุ่มเนื้อและการเชื่อมตัวของตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบเพิ่มขึ้น ส่วนการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ในเนื้อหมูขึ้นรูปสุกทำให้สีแดง รสเค็ม ความฉ่ำน้ำ ความนุ่มและการเชื่อมตัวของเนื้อเพิ่มขึ้น

3. การใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง

ตัวอย่างที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูง ปริมาณไขมันและเถ้าน้อยลง ผลิตภัณฑ์มีความสว่างขึ้น สีแดงต่ำลง ในขณะที่สีเหลืองเพิ่มขึ้น โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่สามารถใช้ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองได้ โดยสามารถลดการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการหุงต้ม เพิ่มสีแดงของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ กลิ่นผิดปกติน้อยลง ความฉ่ำน้ำ ความนุ่มเนื้อและการเชื่อมตัวของเนื้อหมูขึ้นรูปสูงกว่าการใช้โปรตีนถั่วเหลืองอย่างเดียว

เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สีแดง การกระจายตัว กลิ่นผิดปกติของเนื้อของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบเพิ่มขึ้น ส่วนความนุ่มเนื้อและการเชื่อมตัวของเนื้อในตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปดิบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนเนื้อหมูขึ้นรูปสุกมีสีดีขึ้น ความฉ่ำน้ำ ความนุ่มและการเชื่อมตัวมีแนวโน้มดีขึ้น

4. การศึกษาคุณภาพการเก็บรักษา

ตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีพีเอชลดลง ค่า TBA เพิ่มขึ้นและคุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลง สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 6 วัน โดยผู้บริโภคยังคงยอมรับ ส่วนตัวอย่างเนื้อหมูขึ้นรูปที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงของ ค่า TBA สี และกลิ่นหืนตลอดระยะเวลา โดยสีของตัวอย่างลดลง ในขณะที่ค่า TBA และกลิ่นออกซิไดซ์เพิ่มขึ้น ผู้บริโภคยังคงยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

เอกสารอ้างอิง

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2529. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุปผา แซ่จั่ง. 2534. ผลของสารเชื่อม เกลือ ฟอสเฟต และเวลาผสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูคืนรูป.วิทยานิพนธ์ปริญญาโทภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์.2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สงวน จันทราภูล. 2530. เทคโนโลยีเพื่อการส่งออกสินค้าปศุสัตว์. สาส์นไก่. สมาคมส่งเสริมการเลี้ยงไก่แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 15 (10):25-38.

A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. The Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Verginaia : Arlington.

Babu,S. G.,Rao, V.K. and Kowale,B.N. 1993. Recovery of protein from ovine lungs and rumen for their incorporation in meat patties.J. Food Sci. Technol. 30:176 - 179.

Bater,B., Descamps,O.and Maurer,A.J. 1992. Kappa-carageenan effects on the gelation properties of simulatd over-roasted turkey breast juice. J. Food Sci. 57: 845 - 847.

Bater,B., Descamps,O.and Maurer,A.J. 1992. Kappa-carageenan effects on the gelation properties of simulatd over-roasted turkey breast juice. J. Food Sci. 57: 845 - 847.

Berry, B.W. 1992. Low fat level effects on sensory, shear,cooking, and chemical properties of ground beef patties.J. Food Sci. 57:537-540.

Berry,B.W.,Smith,J.J.,Secrist,J.L.and Douglass,L.A. 1988. Consumer response to restructured beef steaks processed to have varying levels of connective tissue. J. Food Quality. 11:15-25.

Beuschel,B.C.,Partridge,J.A.and Smith,D.M. 1992. Insolubilized whey protein concentrate and/or chicken salt - soluble protein gel properties. J. Food Sci. 57:852-855.

Borderias,A.J.,Jimenez-Colmenero,F.and Tejada,M. 1985. Viscosity and emulsifying of fish and chicken muscle protein. J. Food Tech. 20: 31-42.

Brewer,S.M.,Ikins,W.G.and Harbers,C.A.Z. 1992. TBA values, sensory characteristics,and volatiles in ground pork during long-term frozen storage:effects of packaging. J. Food Sci. 57:558-563.

Brewer,S.M.,Mckeith,F.,Martin,S.E.,Dallmier,A.W.and Wu,S.Y. 1992. Some effects of sodium lactate on shelf-life , sensory and physical characteristics of vacuum-packaged beef bologna. J. Food Quality. 15:369-382.

Brewer,S.M.,Mckeith,F.K.and Britt,K. 1992. Fat,soy and carrageenan effects on sensory and physical characteristics of ground beef patties. J. Food Sci. 57:1051-1055.

Brewer,S.M.,Johnson,C.C.and Field,R.A. 1986. Influence of NaCl level and freezing on actin and myosin content of exudate from chunked and formed lamb roasts. J. Food Quality. 9:21-30.

Carlin,F.,Ziprin,Y.,Zabik,M.E.,Kragt,L.Polsiri,A.,Brewer,J.,Rainey,B.,Duyne,F.V. and Perry,A.K. 1978. Texturized soy protein in beef loaves:cooking losses,flavor,juiciness and chemical composition. J. Food Sci. 43:830-833.

Clarke, A.D., Means, W.J. and Schmidt, G.R. 1987. Effects of storage time,sodium chloride and sodium tripolyphosphate on yield and microstructure of comminuted beef. J. Food Sci. 52:854-860.

Egan,H.,Kirk,R.S. and Sawyer,R. 1981. Pearson's Chemical Analysis of Foods. London : Churchill Livingstone.

Egbert,W.R.,Huffman,D.L.,Bradford,D.D.and Jones,W.R. 1992. Properties of low-fat ground beef containing potassium lactate during aerobic refrigerated storage. J. Food Sci. 57:1033-1037.

Egbert,W.R.,Huffman,D.L.,Chen,C.M.and Jones,W.R. 1992. Microbial and oxidative changs in low-fat ground beef during simulated retail distribution. J. Food Sci. 57:1269-1274.

Frederick,T.L.,Miller,M.F.,Tinney,K.S.,Bye,L.R. and Ramsey,C.B. 1994. Characteristics of 95% lean beef german sausages varying in phosphate and added water.J. Food Sci. 59:453-455.

Gillett,R.A.N.,and Carpenter,J.A. 1992. Effect of binding substrate, type of non-meat additive and method of tenderizing on cured chicken rolls. J. Food Quality. 15:225-238.

Gillett,T.A.,Brown,C.L.,Leutzinger,R.L.,Cassidy,R.D. and Simon,S. 1978. Tensile strength of processed meats determined by an objective instron technique. J. Food Sci. 43:1121-1129.

Hearne,L.E.,Penfield,M.P. and Goertz,G.E. 1978. Heating effects on bovine semitendinosus:shear,musce fiber measurements,and cooking losses. J. Food Sci. 43:10-12.

Hung,S.C.and Zayas,J.F. 1992. Functionality of milk proteins and corn germ protein flour in comminuted meat products. J. Food Quality. 15: 139-152.

Ishioroshi,M.,Samejima,K. and Yasui,T. 1979. Heat-induced gelation of myosin:factors of pH and salt concentrations. J. Food Sci. 44: 1280-1284.

Jackson,E.D.,Consolacion,F.I.and Jelen,P. 1982. Bacteriological evaluation of alkali - extracted protein from poultry residues. J. Food Protection. 45:797-800.

Jantawat,P. and Carpenter,J.A 1989. Phosphate and non-meat protein incorporation into smoked sausage produced rom mechanically deboned poultry meat. J. Food Quality. 12:403-410.

Jantawat,P. and Carpenter,J.A. 1989. Salt preblending and incorporation of mechanically deboned chicken meat in smoked sausage. J. Food Quality. 12:393-401.

Jelen,P.,Earle,M.and Edwardson,W. 1979. Recovery of meat protein from alkaline extracts of beef bones. J. Food Sci. 44 :327-331.

Johnson,L.P.,Miller,M.F.and Reagan,J.O. 1989. The effect of various levels of added sodium chloride and potassium chloride on the chemical, physical and sensory characteristics of precooked, reconbined beef chuck roasts. J. Food Quality. 12:275-282.

Jones,D.K.,Leu,R.,Keeton,J.T.,Savell,J.W.and Cross,H.R. 1988. Consumer evaluation of sodium reduced , restructured lamb roasts. J. Food Quality. 11:235-242.

Kardouche,M.B.,Pratt,D.E. and Stadelman,W.J. 1978. Effect of soy protein isolate on turkey rolls made from pre-and post-rigor muscle. J. Food Sci. 43:882-884.

Kenney,P.B.,Kastner,C.L.and Kropf,D.H. 1992. Muscle washing and raw material source affect quality and physicochemical properties of low-salt, low-fat, restructured beef. J. Food Sci. 57:545-550.

Kijowski, J. and Niewiarowicz, A. 1985. A method of protein extraction from chicken bone residue and the chemical and electrophoretic characteristics of the extract. J. Food Tech. 20:43-49.

Kijowski,J., Niewiarowicz,A., Laskowska,M. and Matuszak,H. 1985. Use of protein extract from chicken bone residue in poultry meat processing. J. Food Tech. 20:51-56.

Lavelle,C.L.and Foegeding,E.A. 1993. Gelation of turkey breast and thigh myofibrils:effects of pH, salt and temperature. J. Food Sci. 58:727-730.

Lawrence, R. A., Jelen, P. and Fedec, P. 1982. Pilot plant extraction of protein from mechanically seperated poultry residues. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 15:325-328.

Lecomte,N.B.,Zayas,J.F. and Kastner,C.L. 1993. Soya proteins functional and sensory characteristics improved in comminuted meats.. J. Food Sci. 58:464-466.

Marriott,N.G.,Graham,P.P.,Shaffer,C.K.and Boling,J.W. 1986. Flavor enhancement of restructured pork. J. Food Quality. 9:11-19.

Marriott,N.G.,Korzon,J.M.,Boling,J.W.and Graham,P.P. 1986. Effects of adjuncts on restructured pork. J. Food Quality. 9:185-197.

Marriott,N.G.,Phelps,S.K.,Costello,C.A.and Graham,P.P. 1987. Restructured pork with texture variation. J. Food Quality. 10:425-435.

Marriott,N.G.,Phelps,S.K.and Graham,P.P. 1987. Restructured beef and turkey steaks. J. Food Quality. 10:245-254.

Marriott,N.G.,Phelps,S.K.,Costello,C.A.and Graham,P.P. 1988. Restructured beef with fat variations. J. Food Quality. 11:53-61.

Marriott,N.G., Phelps,S.K. and Graham,P.P. 1988. Restructured pork chops with added turkey thighs. J. Food Quality. 11:129-138.

Matulis,R.J.,Mckeith,F.K.,Sutherland,J.W. and Brewer,M.S. 1995. Sensory characteristics of frankfurters as affected by salt,fat,soy protein, and carrageenan. J. Food Sci. 60:48-54.

Meullenet,J.F.,Chang,H.C.,Carpenter,J.A. and Resurreccion,A.V.A. 1994. Textural properties of chicken frankfurters with added collagen fibers. J. Food Sci. 59:729-733.

Miller,M.F.,Davis,G.W.,Williams,A.C.,JR.,Ramsey,B.C. and Galyean,R.D. 1987 Acceptability of beef patties extended with pork and/or textured soy protein. J. Food Quality. 10:117-122.

Owuau-Ansah,Y.J.and Hultin,H.O. 1992. Differential insolubilization of red hake muscle proteins during frozen storage. J. Food Sci. 57:265-266.

Pearson,A.M.and Tauber,F.W. 1984. Processed Meat.2nd ed. AVI Publishing Co.,Inc. ,Westport, CT.

Reddy,B.R.,Terrell,R.N.,Dutson,T.R.,Smith,G.C.and Savell,J.W. 1987. Sodium acid pyrophosphate in linked sausages made with pork and/or goat meat. J. Food Quality. 10:437-443.

Salih,A.M.,Price,J.F.,Smith,D.M.and Dawson,L.E. 1989. Lipid oxidation in turkey meat as influenced by salt, metal cations and antioxidants. J. Food Quality. 12:71-83.

Seideman,S.C.and Theer,L.K. 1986. Relationships of instrumental textural properties and muscle fiber types to the sensory properties of beef. J. Food Quality. 9:251-261.

Siegel,D.G.,Tuley,W.B. and Schmidt,G.R. 1979. Microstructure of isolated soy protein in combination ham. J. Food Sci. 44:1272-1275.

Siegel,D.G.,Tuley,W.B.,Norton,H.W. and Schmidt,G.R. 1979. Sensory,textural and yield properties of a combination ham extended with isolated soy protein.J. Food Sci. 44:1049-1051.

Siegel,D.G. and Schmidt,G.R. 1979. Crude myosin fractions as meat binders. J. Food Sci. 44:1129-1131.

Surowka,K.and Fik,M. 1992. Studies on the recovery of proteinaceous substances from chicken heads.I. An application of neutrase to the production of protein hydrolysate.International J. Food Sci. and Tech. 27,9-20.

Taylor,A.A. and Shaw,B.G. 1977. The effect of meat pH and package permeability on putrefaction and greening in vacuum packed beef. J. Food Tech.12:515-521.

Troutt,E.S.,Hunt,M.C.,Johnson,D.E.,Claus,J.R.,Kastner,C.L.,Kropf,D.H.and Stroda,S. 1992. Chemical,physical,and sensory characterization of ground beef containing 5 to 30 percent fat. J. Food Sci. 57:25-29.

Turner,R.H.,Jones,P.N. and Macfarlane,J.J. 1979. Binding of meat pieces:an investigation of the use of myosin-containing extracts from pre- and post-rigor bovine muscle as meat binding agents. J. Food Sci. 44:1443-1446.

Wagner,J.R.and Anon,M.C. 1985. Effect of Freezing rate on the denaturation of myofibrillar proteins. J. Food Tech. 20:735-744.

Wagner,J.R.and Anon,M.C. 1986. Effect of frozen storage on protein denaturation in bovine muscle.I.Myofibrillar ATPase activity and differential scanning calorimetric studies. J. Food Tech. 21:9-18.

Wagner,J.R.and Anon,M.C. 1986. Effect of frozen storage on protein denaturation in bovine muscle.II.Influence on solubility, viscosity and electrophoretic of myofibrillar proteins. J. Food Tech. 21:547-558.

Wang,C.R.and Zayas,J.F. 1992. Comparative study of corn germ and soy proteins utilization in communuted meat products. J. Food Quality. 15:153-167.

Warriss,P.D. 1979. The extraction of haem pigments from fresh meat. J. Food Tech. 14:75-80.

Winger,R.J.,Fennema,O. and Marsh,B.B. 1979. Rate of pH decline in beef muscle stored at above- and below-freezing temperatures. J. Food Sci. 44:1681-1685.

Xiong,Y.L. 1992. Thermally induced interactions and gelation of combined myofibrillar protein from white and red broiler muscles. J. Food Sci. 57:581-585.

Young, L. L. 1976. Composition and properties of an animal protein isolate prepared from bone residue. J. Food Sci. 41:606-608.

Young,L.L.,Papa,C.M.,Lyon,C.E.and Wilson,R.L. 1992. Moisture retention and textural properties of ground chicken meat as affected by sodium tripolyphosphate, ionic strength and pH. J. Food Sci. 57:1291-1293.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบในตู้อบไฟฟ้า (A.O.A.C.,1990)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิ 105° ซ
2. ภาชนะหาความชื้น (จานอลูมิเนียม พร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105°ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มก.

3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1 - 3 ก. ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105°ซ. นาน 5 - 6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มก.

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{100 \times \text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C,1990)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลมสำหรับใส่ตัวทำละลาย ซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)

3. สำลี

4. ตู้อบไฟฟ้า

5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

6. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มล. ในตู้อบไฟฟ้าทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 1 - 2 ก. ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต

4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มล. แล้ววางบนเตาให้ความร้อน

5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

6. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย

7. นำขวดหาไขมันไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 - 90^{o}ซ. จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

8. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกัน ไม่เกิน 1 - 3 มก.

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ใช้วิธีเจลดาล (A.O.A.C.,1990)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250 - 300 มล.
2. ชุดกลั่นโปรตีน (semi-microdistillation apparatus)
3. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล. (Volumetric flask)
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มล. (Erlenmeyer flask)
5. ปิเปต ขนาด 5 และ 10 มล. (Volumetric pipett)
6. บิวเรต ขนาด 25 มล. (Burett)
7. ลูกแก้ว
8. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น
2. สารเร่งปฏิกริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วนต่อโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้นร้อยละ 60 โดยชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 ก. และโซเดียมไธโอซัลเฟต 5 ก. ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มล.
4. สารละลายกรดบอร์ริกเข้มข้นร้อยละ 4 โดยละลายกรดบอร์ริก 40 ก. ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มล.
5. สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มัล
6. อินดิเคเตอร์ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution (ชั่งเมทิลลีนบลู (methylene blue) 0.2 ก. ละลายในเอธานอล (ethanol) 200 มล. และชั่ง

เมทธิลเรด (methyl red) 0.05 ก. ละลายในเอทานอล 50 มล.) เวลาใช้นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน : เอทธานอล 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1.ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาษกรอง ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1 - 2 ก. ห่อให้มิดชิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

2. เติมสารเร่งปฏิกริยา 5 ก. และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มล.

3. ใส่ลูกแก้ว 2 เม็ด นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งให้เย็น

4. เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อไปจนเกิดควันของกรดซัลฟุริก ปล่อยทิ้งให้เย็น

5. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มล. ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีน ให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มล.

6. จัดอุปกรณ์กลั่น

7. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. เติมกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มล. ผสมน้ำกลั่น 5 มล. และเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่จะกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

8.ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตขนาดความจุ 10 มล. ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มล.

9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

10. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีม่วง

11. ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2 - 10

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{Factor}}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็น มล.

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็น มล.

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็น ก.

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25

(น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

4 **การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า** (A.O.A.C.,1990)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600^{0}ซ. เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30 - 45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิในเตาเผาลดลงก่อนแล้วนำออกจากเตาเผาใส่โถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มก.

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 ก. ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600^{0}ซ. และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 - 2

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

5 การวัดความเป็นกรด-ด่าง (Pearson,1976)

อุปกรณ์

1. เครื่อง pH meter รุ่น PHM 61a
2. เครื่อง magnetic stirrer,magnetic bar
3. บิกเกอร์ขนาด 50 มล.
4. กระบอกตวง ขนาด 50 มล.

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร น้ำหนักประมาณ 10 ก. ใส่ในบิกเกอร์ขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่น 10 มล. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง magnetic stirrer
2. วัดความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter

6 การหาค่าความหืน ใช้วิธีการหา TBA No. (Egan, *et al.*, 1981)

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่น
2. ลูกแก้ว
3. เตาไฟฟ้า
4. ปิเปต
5. หลอดทดสอบชนิดมีจุก
6. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

สารเคมี

1. สารละลายกรดเกลือ 4 นอร์มัล
2. สารป้องกันการเกิดฟอง (antifoam liquid)
3. สารละลายกรดไธโอบาบิทูริก ละลาย 0.2883 ก. ของกรดไธโอบาบิทูริกลงในกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 90

วิธีการ

1. แช่ตัวอย่างอาหาร 10 ก. ด้วยน้ำกลั่น 50 มล. เป็นเวลา 2 นาที แล้วถ่ายลงในขวดน้ำกลั่นใช้น้ำ 47.5 มล. ล้างภาชนะที่ใส่ตัวอย่างแล้วเทลงขวด

2. เติม 2.5 มล. ของสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 4 นอร์มัล (pH ควรจะเป็น 1.5) แล้วเติมลูกแก้วและสารป้องกันการเกิดฟอง

3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มล. ภายใน 10 นาที

4. ดูดสารที่กลั่นได้ 5 มล. ลงในหลอดทดสอบที่จุกปิด

5. เติม 5 มล. ของสารละลายไธโอบาบิทูริก เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที

6. ทำ blank โดยใช้วิธีเดียวกัน ใช้ 5 มล. ของน้ำกลั่นให้ความร้อน 35 นาที

7. นำตัวอย่างและ blank ที่เย็นแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

การคำนวณ

ค่าความหืน(มก.มาโลอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง) = 7.8 x ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่หัก blank แล้ว

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

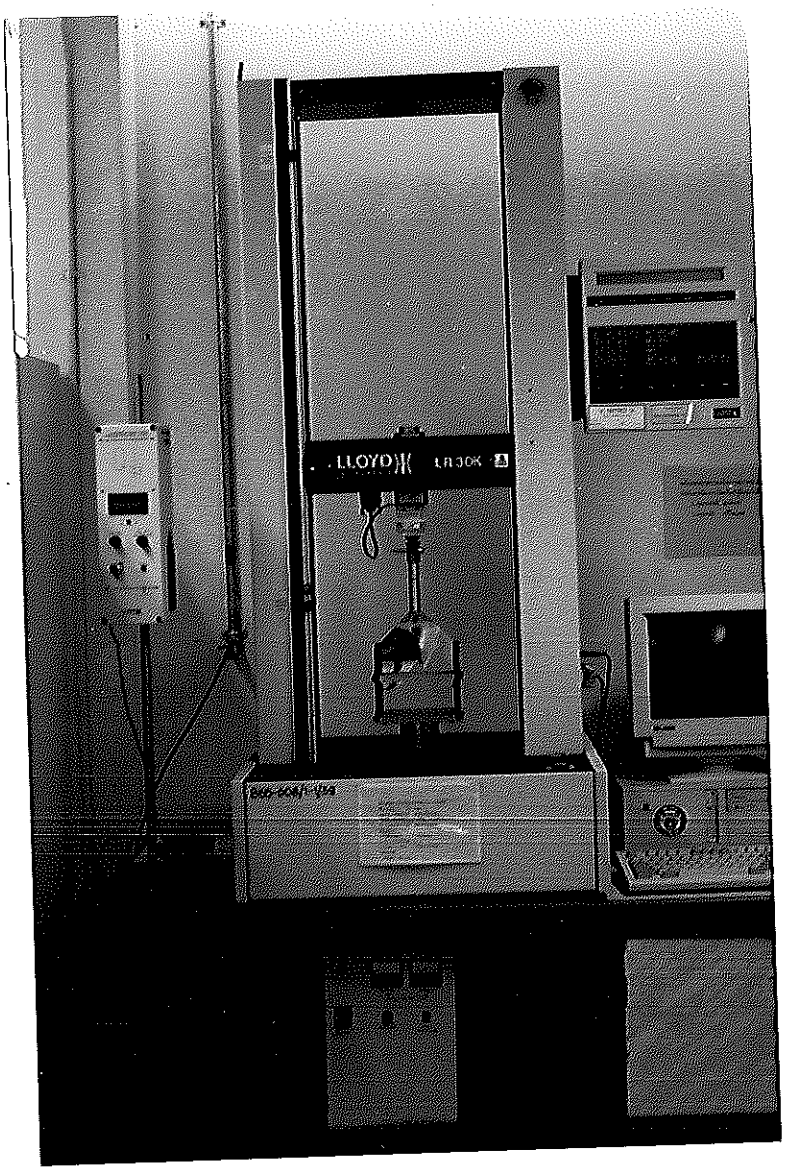
1. การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้ม

แกะถุงพลาสติกออก ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง เตรียมตัวอย่างโดยปล่อยละลายที่อุณหภูมิห้อง อบให้สุกที่อุณหภูมิ 180 - 190 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่สุก

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้ม} = 100 \times \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างดิบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างสุก})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างดิบ}}$$

2. การวัดค่าแรงเฉือนโดยใช้เครื่อง Lloyd instrument testing

นำตัวอย่างที่ทำให้สุกแล้ว ทำการวัดพื้นที่หน้าตัดและความสูงของตัวอย่าง แล้วป้อนข้อมูลลงในเครื่อง นำตัวอย่างมาวัดค่าแรงเฉือน โดยใช้ scale range 10 Kg. load cell, speed 50 mm./min. ทำการตัดชิ้นเนื้อจนขาดออกจากกัน วัดค่าแรงสูงสุดที่ใช้ รายงานผลหน่วยเป็นนิวตัน (N) อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้แสดงในรูปผนวก 1



รูปผนวกที่ 1 เครื่อง Lloyd instrument testing ติดตั้งหัววัด TG80 warner bratzler shear test cell

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA เพื่อศึกษาผลของการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ต่อคุณภาพของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบ

ผู้ประเมินลำดับที่.....

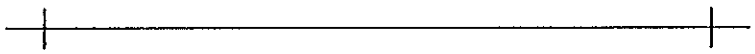
วันที่.....เวลา.....

<u>คำอธิบาย</u> กรุณาประเมินตัวอย่างและขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัยตามที่เห็นว่าเหมาะสม

ขอบคุณ

<u>ลักษณะปรากฏ(appearance)</u>

สีของเนื้อ



สีแดงอ่อน สีแดงเข้ม

การกระจายตัวของเนื้อ

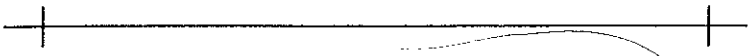
น้อย มาก

<u>กลิ่น(aroma)</u>

กลิ่นหมู

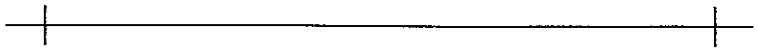
น้อย มาก

กลิ่นออกซิไดซ์



น้อย มาก

กลิ่นผิดปกติ



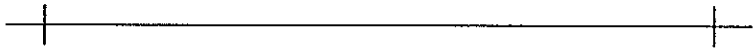
น้อย มาก

<u>เนื้อสัมผัส (texture)</u>

ความนุ่ม

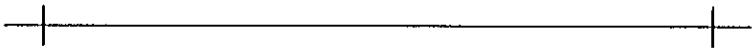
น้อย มาก

ความฉ่ำ



น้อย มาก

การเชื่อมตัวของเนื้อ



น้อย มาก

<u>วิจารณ์และข้อเสนอแนะ</u>.....

.....

...

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA เพื่อศึกษาผลของการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ต่อคุณภาพของเนื้อหมูขึ้นรูปสุก

ผู้ประเมินลำดับที่.....

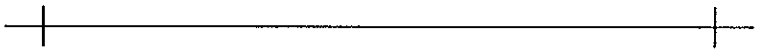
วันที่.....เวลา.....

<u>คำอธิบาย</u> กรุณาประเมินตัวอย่างและขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัยตามที่เห็นว่าเหมาะสม กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

ขอบคุณ

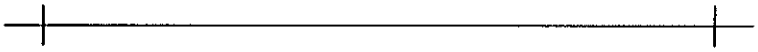
<u>ลักษณะปรากฏ(appearance)</u>

สีของเนื้อ



สีแดงอ่อน สีแดงเข้ม

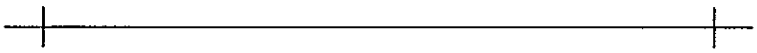
การกระจายตัวของเนื้อ



น้อย มาก

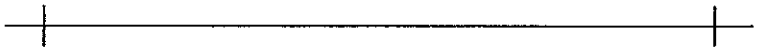
<u>กลิ่นรส(flavor)</u>

กลิ่นหมู



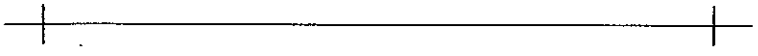
น้อย มาก

รสหวาน



น้อย มาก

รสเค็ม



น้อย มาก

กลิ่นออกซิไดซ์

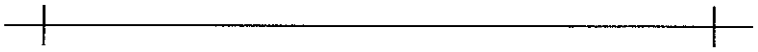
น้อย มาก

กลิ่นรสผิดปกติ

น้อย มาก

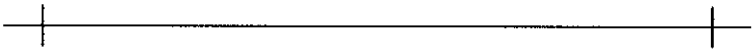
<u>เนื้อสัมผัส (texture)</u>

ความนุ่ม



น้อย มาก

ความฉ่ำ



น้อย มาก

การเชื่อมตัวของเนื้อ

น้อย มาก

<u>วิจารณ์และข้อเสนอแนะ</u>.....

.....

...

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA เพื่อศึกษาผลของการใช้โปรตีนสกัดจากกระดูกไก่ต่อคุณภาพการเก็บรักษาของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบ

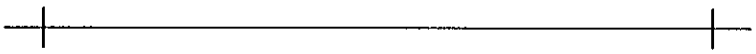
ผู้ประเมินลำดับที่.....

วันที่.....เวลา.....

<u>คำอธิบาย</u> กรุณาประเมินตัวอย่างและขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัยตามที่เห็นว่าเหมาะสม

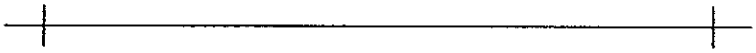
ขอบคุณ

สีของเนื้อ



ดำ แดง

กลิ่นออกซิไดซ์



น้อย มาก

การประเมินคุณภาพการยอมรับรวมของเนื้อหมูขึ้นรูปดิบแบบ Hedonic Scale

กรุณาประเมินความชอบของตัวอย่าง ให้คะแนนตามความเหมาะสมตามคำอธิบายข้างล่าง

<u>รหัส</u>	<u>คะแนน</u>
.....	.....
.....	.....

ความหมายคะแนน

1	=	ไม่ชอบมากที่สุด	6	=	ชอบน้อยที่สุด
2	=	ไม่ชอบมาก	7	=	ชอบปานกลาง
3	=	ไม่ชอบปานกลาง	8	=	ชอบมาก
4	=	ไม่ชอบเล็กน้อย	9	=	ชอบมากที่สุด
5	=	เฉยๆ			

<u>วิจารณ์และข้อเสนอแนะ</u>.....

.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายกฤษดา ดาวัลย์

วันเดือนปีเกิด 10 ตุลาคม 2513

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วท.บ. (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2536