สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของเศษกระดูกไก่สกัดเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

(Utilization of chicken bone residue extracted to improve the quality of meat products)

จัดทำโดย

รศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TP
156
.E8
ย549ก
เลขหมู่
83895
เลขทะเบียน
19 ม.ย. 255
วัน,เดือน,ปี

โครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้

ประจำปี 2549

ไทย 4480
.b
.i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนคอลลาเจนจากเศษกระดูกไก่ ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้ของโรงงานชำแหละไก่ และนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น เป็นต้น การดำเนินงานเริ่มจาก การสกัดแร่ธาตุจากเศษกระดูกไก่ทำโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 5 แช่กระดูกเป็นเวลา 6, 12, 24 และ 72 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณสารฟอสเฟตที่สกัดได้เพิ่มมากขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการแช่ ในขณะที่ปริมาณเถ้าในเศษกระดูกที่เหลือลดลงตามลำดับ การแช่เศษกระดูกไก่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 5 เป็นเวลา 72 ชั่วโมงจะสกัดสารฟอสเฟตได้ร้อยละ 1.00 ± 0.007 และ กระดูกมีเถ้าเหลืออยู่ร้อยละ 5.49 ± 0.72 (น้ำหนักแห้ง) จากนั้นได้ทำการสกัดโปรตีนคอลลาเจนจากเศษกระดูกไก่ที่เหลืออยู่ พบว่า วิธีการและเวลาที่เหมาะสม คือ การใช้เศษกระดูกไก่แช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 วัน ต่อจากการสกัดแร่ธาตุโดยไม่ต้องล้างน้ำทำให้กระดูกมีการพองตัวได้ดี มีโปรตีนที่ละลายออกมาได้ถึงร้อยละ 1.21 ± 0.07 และได้สารฟอสเฟตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ1.23 ± 0.06 แร่ธาตุและโปรตีนที่สกัดได้เมื่อนำมาทำให้แห้งเป็นผง มีองค์ประกอบทางเคมีโดยน้ำหนักแห้ง ดังนี้ มีความชื้นร้อยละ 0.84 เถ้าร้อยละ 39.48 เยื่อใยร้อยละ 23.88 โปรตีนร้อยละ19.68 ไขมันร้อยละ 8.55 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 23.71 และฟอสเฟตร้อยละ 1.23 คิดเป็นปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 48.26 ของน้ำหนักกระดูกสด

การใช้ประโยชน์ของผงแร่ธาตุและโปรตีนสกัดที่ได้ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของลูกชิ้น พบว่าการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ระดับร้อยละ 5 จะช่วยปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำ ลักษณะสัมผัสและ การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นให้ดีขึ้น โดยไม่ต้องเติมเกลือลงในสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

The aim of this study was to find the proper extraction procedure of mineral and protein from the chicken bone residue which was the waste product from food processing and to use them in the meat ball. After the bone residue was soaked in the 5 % hydrochloric solution for several hours (6 hr, 12 hr, 24 hr and 72 hr), the amount of extracted phosphate was increased according to the time soaking and the ash content was decreased. At the soaking time 72 hr, the phosphate was found as 1.00 ± 0.007 % and the ash content was around 5.49 ± 0.72 %. Then, the protein collagen was recovered from the rest of the residue. It was found that the residue should not be rinsed before being soaked in 5 % sodium hydroxide solution for 1 day. At this condition, the bone had a better swelling and the dissolved protein was found 1.21 ± 0.07 % whereas the amount of phosphate was increased up to 1.23 ± 0.06 %. The composition of the dried-extracted product was: moisture 0.84 %, ash 39.84 %, fiber 23.88 %, protein 19.68 %, carbohydrate 23.71 % and phosphate 1.23 %. The yield was 48.26 % of bone sample.

When the dried-extracted powder was mixed in the red meat to make the meat ball, it was found that using the 5 % of extracted powder could improve the water holding, texture and sensory test of the meat ball well without adding salt and the phosphate in the recipe of the meat ball at all.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับเงินทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2549 ซึ่งจัดสรรโดยคณะกรรมการทุนคณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณธนวรรธ์ สัมฤทธิ์ผล คุณภัทรพร ใหม่อ่องและคุณมาณิสสา โชติสกุลรัตน์ ที่เป็นกำลังสำคัญในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ต่าง ๆ ขอขอบคุณอาจารย์ ข้าราชการ พนักงาน ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตรที่เป็นกำลังใจแสดงข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตรเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
2.1 องค์ประกอบของเศษกระดูกไก่	2
2.2 การสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่	2
2.3 การใช้ประโยชน์	3
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	6
3.1 วัตถุดิบ	6
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	6
3.3 สารเคมี	6
3.4 วิธีการทดลอง	6
บทที่ 4 ผลการทดลอง	10
4.1 การศึกษาภาวะการแยกแร่ธาตุและโปรตีนที่เหมาะสมจากเศษกระดูกไก่สด	10
4.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์ของผงแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่ในหมูยอและลูกชิ้น	13
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	19
บรรณานุกรม	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ที่ได้จากเครื่องถอดกระดูกไก่ 100 กรัม หน่วยเป็นร้อยละของน้ำหนักฐานเปียก	2
4.1	ปริมาณสารฟอสเฟต (ร้อยละ) ที่สกัดได้ และปริมาณเถ้า (ร้อยละ) ที่เหลือในเศษกระดูก เมื่อแช่กระดูกไก่ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้นร้อยละ 5	10
4.2	ผลของวิธีการแช่ และเวลาที่เหมาะสมในการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 5 แช่เพื่อสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่	12
4.3	องค์ประกอบทางเคมีที่ได้ของผงแร่ธาตุและโปรตีนที่สกัดจากเศษกระดูกไก่	13
4.4	ผลของการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีน ในหมูยอ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 5 และ 10 ต่อการสูญเสียน้ำหนักจากการให้ความร้อน (ร้อยละ) ความสามารถในการอุ้มน้ำ(ตร.ซม.) ความแข็ง(Hardness)(นิวตัน) และ การจับติด (Cohesiveness) $x10^{-4}$	14
4.5	ผลของการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนในลูกชิ้นที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 ถึง 10 ต่อการสูญเสียน้ำหนักจากการให้ความร้อน (ร้อยละ) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ตร. ซม.) และลักษณะปรากฏหลังการทำให้สุกเชิงพรรณนา	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	ขั้นตอนการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูก	7
4.1	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของหมูยอที่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีนในปริมาณแตกต่างกันโดยแสดงผลในรูปกราฟใยแมงมุม	15
4.2	ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการให้ความร้อนของลูกชิ้นที่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีนในระดับแตกต่างกัน	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

การจัดการผลิตผลพลอยได้ (by-products) จากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม มีความสำคัญมาก เนื่องจากผลิตผลพลอยได้ดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้ผลิตต้องเสียค่าใช้จ่ายมากในการกำจัดและบำบัด ดังนั้นการนำผลิตผลพลอยได้มาผ่านกระบวนการเพื่อนำสิ่งที่ต่าง ๆ ที่คงมีเหลืออยู่มาใช้ประโยชน์ได้ นอกจากสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดผลิตผลพลอยได้และลดปัญหาสิ่งแวดล้อม แล้วยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลพลอยได้ ที่จักเป็นผลดีต่ออุตสาหกรรมการผลิต

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต ส่งออกและแปรรูปเนื้อไก่ เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้มีเศษกระดูกไก่ที่ได้จากเครื่องถอดกระดูกเหลือจากการผลิตจำนวนมากด้วย ซึ่งโดยทั่วไปเศษกระดูกเหล่านี้จะนำไปใช้ผสมเป็นอาหารสัตว์หรือทำปุ๋ยที่มีมูลค่าต่ำ ดังนั้น จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ขององค์ประกอบต่าง ๆ จากเศษกระดูกไก่ที่มีปริมาณฟอสฟอรัส และโปรตีนอยู่ถึงร้อยละ 2.60 และ 20.50 ตามลำดับ เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ให้มีความนุ่ม ชุ่มน้ำ และยืดหยุ่นที่ดี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่

1.2.2 การประยุกต์ใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนสกัดจากเศษกระดูกไก่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

1.2.3 การเพิ่มมูลค่าเศษกระดูกไก่สด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 องค์ประกอบของกระดูกไก่

กระดูก เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีความแข็งแรง แต่ไม่ยืดหยุ่นเหมือนกระดูกอ่อน องค์ประกอบของกระดูกแบ่งเป็นสารอนินทรีย์ประมาณร้อยละ 50โดยน้ำหนักของกระดูกสด กับสารอินทรีย์และน้ำ ในส่วนของสารอินทรีย์ กระดูกมีเส้นใยคอลลาเจน (collagenous fibers) เป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่ถึงร้อยละ 90 (สิรินทร์และคณะ, 2523) ส่วนพื้นเนื้อของกระดูก มีเกลืออนินทรีย์ เช่น แคลเซียมฟอสเฟต $[Ca(PO_4)_2]$ และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ปนอยู่ทั่วไป มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 98 ของสารอนินทรีย์ทั้งหมด (Ward และ Courts, 1977)

เศษกระดูกไก่ที่ได้หลังจากแยกส่วนที่เป็นเนื้อติดกระดูกจากเครื่องถอดกระดูก (deboner machine) แล้วมีองค์ประกอบทางเคมีคิดเป็นน้ำหนักฐานเปียกและแห้งจากน้ำหนักกระดูก 100 กรัมดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ที่ได้จากเครื่องถอดกระดูกไก่ 100 กรัม หน่วยเป็นร้อยละของน้ำหนักฐานเปียก

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)	องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	165.00	ความชื้น (กรัม)	53.20
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	2.10 (4.50)	โปรตีน (กรัม)	20.50 (43.70)
ฟอสฟอรัส (กรัม)	2.60 (5.60)	ไขมัน (กรัม)	8.40 (17.90)
ตะกั่ว (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.08 (0.17)	เถ้า (กรัม)	15.90 (33.90)
แคดเมียม (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	0.12 (0.26)	แคลเซียม (กรัม)	5.50 (11.80)

ที่มา : เอกราชและคณะ (2545)
หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าเป็นน้ำหนักฐานแห้ง

2.2 การสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่

2.2.1 การสกัดสารฟอสเฟต (Extraction of phosphate)

แร่ธาตุส่วนใหญ่ที่พบในกระดูกไก่ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และไตรแคลเซียมฟอสเฟต (tricalcium phosphate; $Ca_3(PO_4)_2$) โดยพบมากถึงร้อยละ 98 ของน้ำหนักแร่ธาตุทั้งหมด ซึ่งการสกัดแร่ธาตุจะใช้สารละลายกรด โดยเฉพาะกรดไฮโดรคลอริก (HCl) จะทำปฏิกริยากับไตรแคลเซียมฟอสเฟตให้ได้เป็นโมโนแคลเซียมฟอสเฟต $[Ca(HPO_4)_2]$ ที่ละลายน้ำได้ จึงสามารถสกัดออกมาอยู่ในสารละลาย นอกจากนี้อาจใช้กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) และกรดซัลฟูริก(H_2SO_4) ในการสกัดด้วยก็ได้ โดยความเป็นกรด-ด่างของสารละลายกรดที่ใช้ควรอยู่ในช่วง pH 1 – 3 เวลาที่ใช้แช่วัตถุดิบขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ และความเข้มข้นของกรดที่ใช้ ปรกติใช้ 2 – 3 วันถึง 4 สัปดาห์ เศษกระดูกที่ผ่านการสกัดแล้วเรียกว่า โอเซอิน (ossein)

สมการการสกัดแร่ธาตุในกระดูกไก่ด้วยกรดไฮดรคลอริก (Oakerman และ Hansen, 2000)

$Ca_3(PO_4)_2$	+	4 HCl	⟶	$Ca(HPO_4)_2$	+	$2CaCl_2$
ไตรแคลเซียม ฟอสเฟต		สารละลายกรด ไฮโดรคลอริก		โมโนแคลเซียม ฟอสเฟต		แคลเซียม คลอไรด์

2.2.2 การสกัดโปรตีนคอลลาเจน (Extraction of protein collagen)

เป็นกระบวนการทำให้คอลลาเจนอยู่ในรูปที่เหมาะสมต่อการสกัด โดยทำให้คอลลาเจนที่อยู่ในกระดูกเกิดการพองตัว เพราะโครงสร้างของคอลลาเจนมีลักษณะเป็นเส้นใยที่ถูกทำให้แยกออกจากกันบางส่วนด้วยการทำลายแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals force) และพันธะในโมเลกุลของคอลลาเจน ทำให้คอลลาเจนเกิดการคลายตัวและสามารถสกัดออกมาได้ง่ายขึ้น โดยทั่วไปการสกัดโปรตีนคอลลาเจนสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1) กระบวนการใช้กรด (acid process) กรดที่ใช้เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) และกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) นิยมใช้กับการสกัดโปรตีนคอลลาเจนจากหนังสุกรและโอเซอินสด (fresh ossein) เพราะกรดจะทำให้คอลลาเจนจัด เรียงโครงสร้างใหม่ และทำให้สารที่ไม่ใช่คอลลาเจน เช่น เคอราติน (keratin) โกลบูลิน (globulins) มิวซิน (mucins) มิวโคโพลีแซคคาไรด์ (mucoplysaccharides) อิลาสติน (elastin) และอัลบูมิน (albumins) เกิดการรวมตัวกัน (coagulated) และตกตะกอนออกมาในระหว่างขั้นตอนการสกัด

2) กระบวนการใช้ด่าง (alkaline process) ด่างที่ใช้ คือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) การสกัดโปรตีนคอลลาเจนด้วยสารละลายด่าง เพื่อทำลายพันธะเคมีที่คงมีอยู่ในคอลลาเจนและกำจัดสารที่ไม่ต้องการ ซึ่งในระหว่างแช่กระดูกในสารละลายด่าง พันธะโควาเลนต์ระหว่างคอลลาเจนบางพันธะจะถูกทำให้แตกหรือแยกออกจากกัน และทำให้สารที่ไม่ใช่คอลลาเจนเกิดการเปลี่ยนแปลงและสามารถละลายน้ำได้ดีขึ้น

ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ขึ้นอยู่กับ ธรรมชาติของวัตถุดิบ ความเข้มข้นของสารละลายกรดและด่าง และอุณหภูมิ กระบวนการใช้กรดจะใช้เวลาประมาณ 10 – 30 ชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่ากระบวนการใช้ด่างที่ใช้เวลาประมาณ 5 – 12 สัปดาห์ แต่อาจลดเวลาลงได้โดยเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายด่างที่ใช้ นอกจากนี้ กระบวนการใช้กรดจะมีน้ำเสียเกิดขึ้นน้อยกว่ากระบวนการใช้ด่าง จึงทำให้การใช้กรดในการสกัดโปรตีนคอลลาเจนเป็นที่นิยมในปัจจุบัน

Duerr และ Earle (1974) ศึกษาการสกัดโปรตีนคอลลาเจนจากกระดูกวัว โดยใช้สารละลาย 3 ชนิด คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ 0.1 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล และน้ำ ตามลำดับ พบว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถสกัดโปรตีนคอลลาเจนออกมาได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 0.38 (น้ำหนักกระดูกสด) ส่วนการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์และน้ำ สามารถสกัดโปรตีนคอลลาเจนได้มีปริมาณเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ ร้อยละ 0.09 (น้ำหนักกระดูกสด) ดังนั้น การสกัดโปรตีนคอลลาเจนจากกระดูกวัวโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์จะมีความเหมาะสมที่สุด

Michaelและคณะ (2005) ศึกษากลไกของการให้ความร้อนที่มีผลต่อค่าการละลายของโมเลกุลคอลลาเจน พบว่า เมื่อให้ความร้อนแก่โมเลกุลคอลลาเจน จะทำให้โครงสร้างเส้นใยของโมเลกุลคอลลาเจนหายไป และ เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานจะทำให้คอลลาเจนมีน้ำหนักโมเลกุลลดลง เพราะพันธะโควาเลนต์ภายในโมเลกุลคอลลาเจนถูกทำลายมากขึ้น มีผลให้ค่าการละลายของคอลลาเจนสูงขึ้น

2.3 การใช้ประโยชน์

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ สารฟอสเฟต และโปรตีนคอลลาเจน ซึ่งมีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.3.1 สารประกอบฟอสเฟต

ในสหรัฐอเมริกา การใช้สารพอลิฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบอาหาร ได้รับการรับรองว่ามีความปลอดภัย (GRA ; generally recognized as safe) ซึ่งการใช้สารประกอบฟอสเฟตในอาหารประเภทเนื้อสัตว์มีผลต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ก. เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและความนุ่มของเนื้อ ทำให้เนื้อไม่สูญเสียน้ำที่มีอยู่ภายในออกไประหว่างการแปรรูป สารประกอบฟอสเฟตที่ให้ผลในด้านนี้ ได้แก่ สารโพลิฟอสเฟต โซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต และโซเดียมเฮกซาเมต้าฟอสเฟต

ข. ทำให้สีของเนื้อคงตัว โดยสารประกอบฟอสเฟตจะทำหน้าที่ควบคุม pH ของเนื้อ ให้อยู่ในช่วง pH 6.0 – 6.6 จึงทำให้สีแดงของ oxymyoglobin ไม่เปลี่ยนเป็น metmyoglobin โดยการออกซิไดซ์เนื้อจึงมีสีแดงคงตัว สารประกอบฟอสเฟตที่ให้ผลในด้านนี้ ได้แก่ โพลีฟอสเฟตหรือไดอัลคาไลฟอสเฟต

ค. เพิ่มรสชาติให้กับเนื้อ เนื่องจากฟอสเฟตทำให้โมเลกุลโปรตีนในเนื้อละลายออกมาและเกิดการคลายตัว จัดเรียงตัวกันขึ้นมาใหม่เป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ซึ่งสามารถกั้นไม่ให้ของเหลวในเลือดและในเซลล์ไหลออกมา แต่จะจับตัวไม่เคลื่อนที่อยู่ในโครงสร้างใหม่ของโปรตีนนี้ ทำให้กลิ่นรสต่าง ๆ ของเนื้อคงอยู่อย่างสมบูรณ์

ง. ทำให้โมเลกุลเนื้อยึดเกาะกันดี เนื่องจากทำให้ actomyosin complex แตกตัวออกจากกัน จึงมีบทบาทต่อการรวมตัวกันในระหว่างสับผสม ทำให้เนื้อมีความเหนียวและยึดหยุ่นดีขึ้น

2.3.2 ความเป็นพิษของการใช้สารฟอสเฟตในอาหาร

มีการศึกษาความเป็นพิษของการใช้สารฟอสเฟตในอาหาร เพราะโดยทั่วไปแล้วเกลือ อนินทรีย์ทุกชนิด ถ้าได้รับเข้าไปในร่างกายในปริมาณที่มากเกินปกติ จะทำให้เกิดเป็นพิษได้ การมีเกลืออนินทรีย์ปริมาณมากเกินไปไม่เพียงแต่ทำให้ความสมดุลของแร่ธาตุในร่างกายผิดปกติ แต่ยังมีผลกับความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออสโมติกของของเหลวในร่างกาย กรณีของสารฟอสเฟตคาดว่าจะไปยับยั้งการรวม ตัวเพื่อให้เกิดสารอาหารที่จำเป็นขึ้น

ผู้เชี่ยวชาญ FAO/WHO ได้กำหนดปริมาณทั้งหมดของฟอสฟอรัสในอาหาร รวมถึงการเติมเข้าไปในรูปของส่วนผสมในอาหาร โดยทดลองความเป็นพิษของสารฟอสเฟต และการประมาณระดับที่ยอมรับได้ในอาหารมนุษย์ รวมทั้งระดับแคลเซียมและแร่ธาตุอื่น ๆ ในอาหารที่มีผลกระทบต่อระดับที่มีผลต่อต้านในร่างกาย พบว่า ระดับฟอสฟอรัสที่ร่างกายควรได้รับจากอาหารทั้งหมดต้องมีน้อยกว่า 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ ระดับฟอสฟอรัสที่ควรได้รับจากอาหารที่มีแคลเซียมสูงต้องอยู่ในช่วง 30 – 70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากการศึกษาโดยการให้อาหารสัตว์ทดลอง พบว่า การให้อาหารที่มีปริมาณสารฟอสเฟตในระดับร้อยละ 0.5 จะทำให้สัตว์มีความทนทานโดยปราศจากผลต่อต้านทางสรีรวิทยา แต่ถ้าใช้ในระดับสูงกว่านี้จะทำให้เกิดผลต่อต้านทางเคมี กายภาพ และสูญเสียการรับรสชาติ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อิษยาและอุดมลักษณ์ (2536) ศึกษาสภาวะในการผลิตเจลาตินจากเศษกระดูกไก่ โดยแช่กระดูกไก่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก(HCl) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นเวลา 5 วัน เพื่อกำจัดแร่ธาตุในกระดูก จากนั้นเตรียมการก่อนการสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นเวลา 10 ชั่ว โมง แล้วสกัดเจลาตินด้วยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 75 °ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เจลาตินที่ได้มีค่าความแข็งแรงของเจลที่ดีและให้ผลผลิตสูง

ชาลินี (2548) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการนำเศษกระดูกไก่มาผลิตเจลาติน พบว่า สภาวะการกำจัดแร่ธาตุที่เหมาะสม คือ ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 แช่กระดูกเป็นเวลา 5 วัน ทำให้กระดูกมีปริมาณเถ้าเหลืออยู่เท่ากับร้อยละ 8.40 $\pm$ 2.10 (น้ำหนักกระดูกแห้ง) และในการเตรียมกระดูกก่อนการสกัด ทำการแช่กระดูกด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 2 เป็นเวลา 5 วันจะทำให้กระดูกมีน้ำหนักและปริมาตรเพิ่มขึ้น

เอกราชและคณะ (2545) ศึกษาการสกัดแคลเซียมจากกระดูกไก่ และนำไปใช้เสริมในอาหาร พบ ว่า การใช้สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 3 ที่อัตราส่วนของกระดูกต่อด่างเท่ากับ 1:3 และใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 ในอัตราส่วนของกระดูกต่อกรดเท่ากับ 1:1 จะสกัดแคลเซียมได้ร้อยละ 30.72 และ เมื่อนำแคลเซียมที่สกัดได้ไปใช้ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ตาม ลำดับ พบว่า การเติมแคลเซียมทุกระดับในข้าวเกรียบกุ้งทำให้มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัย สำคัญ และไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ปกติที่ไม่มีการเติมแคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

เศษกระดูกไก่สดบดละเอียด (chicken bones residue) แช่เย็น ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท สหฟาร์ม จำกัด เป็นเศษกระดูกไก่ที่ผ่านการแยกเศษเนื้อออกด้วยเครื่องแยกกระดูก (mechanical de- boner) และเก็บรักษาโดยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°ซ ตลอดเวลาก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง พิกัดชั่ง 3100 กรัม (Sartorius , BP 3100S , Germany)

เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง พิกัดชั่ง 110 กรัม (Mettler , AJ 100L , Germany)

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stabie Micro Systems , TA-XT2$_1$, England)

เครื่องวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (Innolab , pH Level 1 , Germany)

เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Labomed , USA.)

เตาอบลมร้อน (Memmert , Germany)

เตาเผา (Carbolite Furnances , S302AU , England)

อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Memmert , Germany)

ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt , Germany)

เครื่องปั่นผสมอาหาร (Turbora , TRK72 , Thailand)

เครื่องอบแห้งแบบถาด (BWS , BWS – 3 , Thailand)

3.3 สารเคมี

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

กรดไฮโดรคลอริก (HCl)

Ammonium molybdate tetrahydrate ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}\,4H_2O$)

Ammonium metavanadate (NH_4VO_3)

3.4 วิธีการทดลอง

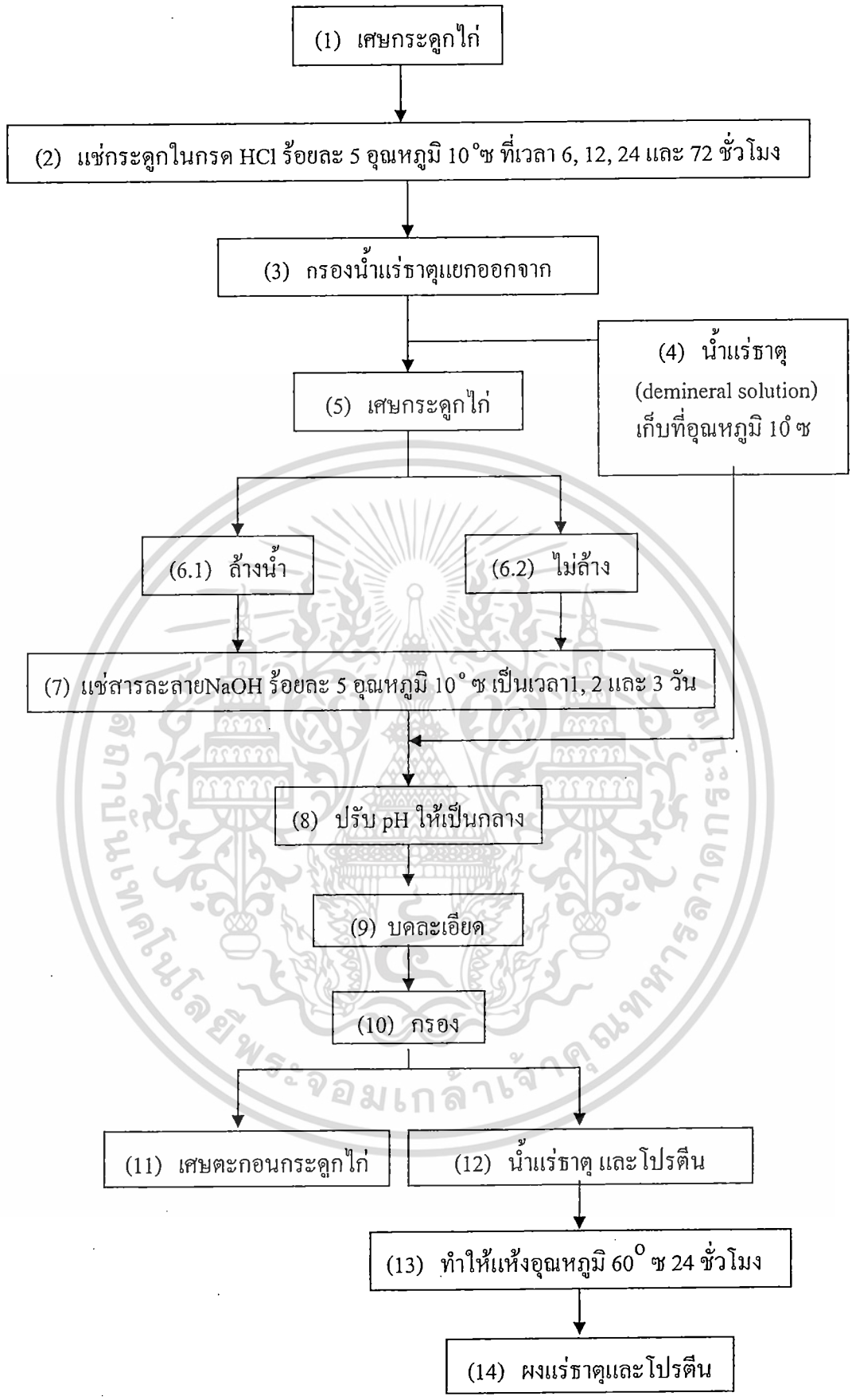
3.4.1 ศึกษาสภาวะการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนออกจากเศษกระดูกไก่สด

3.4.1.1 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดแร่ธาตุจากเศษกระดูกไก่สด

การสกัดแร่ธาตุจากกระดูกไก่ ทำโดยนำเศษกระดูกไก่ 100 กรัม ในขั้นตอน(1) แสดงตามภาพที่ 3.1 มาแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 ที่อัตราส่วนกระดูกต่อสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเท่ากับ 1:3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แช่กรดเป็นเวลา 6 , 12 , 24 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 10°ซ (2) กรองแยกน้ำสกัด (3) ออกเมื่อถึงเวลากำหนด และวิเคราะห์หาปริมาณสารฟอสเฟตในน้ำแร่ธาตุ(4) ได้โดยวิธีของ AOAC Official method ที่ 958.1 phosphorus (total) in fertilizers,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
83895

spectro- photometric molybdovanadophosphate method (AOAC, 2000) ส่วนเศษกระดูกที่เหลือ(5) นำมาล้างน้ำเพื่อให้หมดกรดและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ100°ซ เวลา 3-5 ชั่วโมง แล้ว นำไปวิเคราะห์ความชื้นและเถ้า (AOAC, 1996)

การทดลองวางแผนการแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (completely randomized design ; CRD) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11

3.4.1.2 ศึกษาวิธีการและเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่สด

นำเศษกระดูกที่แยกได้จากการแช่กรด ตามเวลาที่เหมาะสมจาก 3.4.1.1 (5) มาศึกษาการสกัดโปรตีนคอลลาเจน โดยทำการ 2 ลักษณะ คือ การล้างน้ำ (6.1) และไม่ล้างน้ำ (6.2) เศษกระดูก ก่อนนำมาแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา1 , 2 และ3 ชั่วโมง ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 10 ซ (7) จากนั้นศึกษาภาวะที่เหมาะสมโดยพิจารณาที่การพองตัวและการนิ่มของกระดูกเมื่อแช่ด่างตามเวลากำหนด

ส่วนของน้ำแร่ธาตุและโปรตีนที่กรองได้จากข้อ 3.4.1.1 นำมาผสมกับเศษกระดูกที่แช่ NaOH แล้วทำการปรับค่าความเป็นกรดด่าง (8) ของส่วนผสมให้เป็นกลาง นำส่วนผสมกระดูกไก่มาบดละเอียดด้วย blender ที่ความเร็ว 8,000 rpm เป็นเวลา 2 นาที (9) แล้วกรอง (11) แยกเศษกระดูกที่เหลือออกจากน้ำแร่ธาตุและโปรตีน (12)

การศึกษาผลของการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากกระดูกไก่ ทำได้โดยนำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl's method (AOAC, 1995) สารฟอสเฟตโดยวิธี AOAC Official method ที่ 958.1 phosphorus (total) in fertilizers, spectrophotometric molybdovanadophosphate method (AOAC,2000) ที่มีอยู่ในสารสกัดที่ได้ การศึกษาภาวะที่เหมาะสมนี้ วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial in CRD) โดยปัจจัยหลัก คือ การล้างและไม่ล้างเศษกระดูกก่อนนำมาแช่ด่าง และ ปัจจัยรอง คือ ระยะเวลาในการแช่ด่าง วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test)ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11

คัดเลือกภาวะที่ดีที่สุดของการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากกระดูกไก่ เพื่อนำมาผลิตผงแร่ธาตุและโปรตีน โดยเตรียมส่วนผสมจากเศษกระดูกไก่ที่ศึกษาได้ในข้อ3.4.1(12) ที่มีปริมาณสารฟอสเฟตและโปรตีนสูงสุดมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ นาน 24 ชั่วโมง (13) นำมาบดและร่อนให้เป็นผงละเอียด แล้วเก็บรักษาในถุงปิดผนึกสุญญากาศ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 °ซ ก่อนนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

3.4.1.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงแร่ธาตุและโปรตีนที่สกัดได้จากข้อ 3.4.1.2 โดยวิเคราะห์ค่า ความชื้น เถ้า เยื่อใย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ฟอสเฟต และเกลือโซเดียมคลอไรด์ รวมทั้งปริมาณผลผลิตของผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ได้จากกระดูกไก่สด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ศึกษาการใช้ประโยชน์ของผงแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่ในหมูยอและลูกชิ้น

3.4.2.1 ศึกษาปริมาณผงแร่ธาตุและโปรตีนที่เหมาะสมในหมูยอ

ใช้เนื้อหมูสันนอกส่วนเนื้อแดงล้วนเป็นวัตถุดิบ โดยใช้สูตรและดำเนินการผลิตตามขั้นตอน (เยาวลักษณ์, 2547) โดยเติมผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5 และ 10 ของน้ำหนักเนื้อหมู ตามลำดับ วิเคราะห์ผลโดยการหาร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักผลิตภัณฑ์จากการให้ความร้อน (cooking loss) ความสามารถของการอุ้มน้ำของเนื้อในรูปของ expressible moisture content ลักษณะเนื้อสัมผัสในรูปของค่าความแข็ง (hardness) และการจับติดของเนื้อ (cohesiveness)

การเตรียมหมูยอ (เยาวลักษณ์, 2547)

สูตร	เนื้อหมู	800	กรัม	ดอกจันทร์ป่น	0.3	กรัม
	มันแข็ง (บด)	160	กรัม	อบเชยป่น	0.3	กรัม
	น้ำแข็ง	120-150	กรัม	กระเทียมป่น	10	กรัม
	น้ำตาล	3	กรัม	ไข่ผง	10	กรัม
	เกลือ	18	กรัม	พริกไทยป่น	7	กรัม

วิธีทำ

1. นำหมูมาล้างน้ำสะอาด และ สะเด็ดไว้ให้พอหมาด หั่นเป็นชิ้นเล็กก่อนนำไปบดละเอียด 2 ครั้ง และนำไปแช่เย็นจัดที่อุณหภูมิ 2-5 °ซ
2. นำเนื้อบดใส่ลงในเครื่องบดผสม (หล่อเย็น) เติมเกลือ น้ำแข็ง แร่ธาตุและโปรตีนผง และบดผสม 2 นาที
3. เติมไข่ผง มันแข็ง น้ำตาล และ เครื่องเทศ แล้วผสม 2 นาที หรือจนเนื้อผสมเป็นนวลเหนียว
4. นำส่วนผสมเนื้อที่ได้บรรจุใส่พิมพ์ที่รองด้วยถุงพลาสติกและปิดปากถุงให้แน่น
5. นำพิมพ์ไปต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90-95 °ซ เป็นเวลา 30 นาที และนำขึ้นแช่น้ำเย็นทันที แล้วแกะออกจากพิมพ์ ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-7 °ซ จนถึงขั้นตอนการทดสอบ

3.4.2.2 ศึกษาปริมาณผงแร่ธาตุและโปรตีนที่เหมาะสมในลูกชิ้น

ใช้เนื้อหมูสันนอกส่วนเนื้อแดงล้วนบดละเอียด ตัวอย่างละ 50 กรัม เติมน้ำแข็งร้อยละ 25 และผสมกับผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ระดับร้อยละ 0, 1, 3, 5 และ 10 ตามลำดับ โดยใช้เครื่องปั่นแห้งที่ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 4 นาที และความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 6 นาที

ส่วนผสมของเนื้อที่บดได้นำไปปั้นเป็นลูกและทำให้สุกในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-95 °ซ เป็นเวลา 15 นาที วิเคราะห์ผลโดยหาร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักผลิตภัณฑ์จากการให้ความร้อน (cooking loss) ความสามารถของการอุ้มน้ำของเนื้อในรูปของ expressible moisture content และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เชิงพรรณนาหลังการทำให้สุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาภาวะการแยกแร่ธาตุและโปรตีนที่เหมาะสมจากเศษกระดูกไก่สด

4.1.1 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดแร่ธาตุจากเศษกระดูกไก่สด

จากการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 แช่กระดูกไก่เป็นระยะ เวลา 6 - 72 ชั่วโมง เพื่อสกัดสารประกอบฟอสเฟตและปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่ในกระดูกไก่ แสดงผล ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารฟอสเฟต (ร้อยละ) ที่สกัดได้ และปริมาณเถ้า (ร้อยละ) ที่เหลือในเศษกระดูก เมื่อแช่กระดูกไก่ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้นร้อยละ 5

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณฟอสเฟต (ร้อยละ)	ความชื้น (Dry basis) (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้า (Dry basis) (ร้อยละ)
6	0.82 ± 0.007^{a}	20.37 ± 2.22^{a}	8.91 ± 1.90^{a}
12	0.87 ± 0.014^{b}	21.53 ± 0.70^{a}	8.77 ± 1.03^{a}
24	0.95 ± 0.014^{c}	22.82 ± 2.25^{a}	8.21 ± 1.25^{a}
72	1.00 ± 0.007^{d}	22.05 ± 0.75^{a}	5.49 ± 0.72^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่4.1 การใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 แช่กระดูกไก่เป็นเวลา 6 - 72 ชั่วโมงเพื่อสกัดสารประกอบฟอสเฟต พบว่า เวลาในการแช่กระดูกไก่ที่นานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟอสเฟตที่สกัดได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และการแช่กระดูกไก่ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้สารประกอบฟอสเฟตที่สกัดได้มีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 1 เนื่องจาก สารละลายกรดไฮโดรคลอริกจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมฟอสเฟต [$Ca_3(PO_4)_2$] ทำให้ได้โมโนแคลเซียมฟอสเฟต [$Ca_3(HPO_4)_2$] ละลายออกมาจากกระดูกอยู่ในสารสกัด(Ward and Courts, 1977)

และเมื่อใช้ระยะเวลาในการแช่กระดูกไก่เพิ่มขึ้น จึงมีผลต่อการลดลงของปริมาณเถ้าในกระดูกไก่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)โดยการแช่กระดูกไก่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 72 ชั่วโมงจะมีปริมาณเถ้าเหลืออยู่น้อยที่สุด คือร้อยละ 5.49 ของน้ำหนักกระดูกแห้ง

ดังนั้น การใช้ระยะเวลาในการแช่ที่เหมาะสมที่ 72 ชั่วโมง จะได้สารฟอสเฟตที่สกัดมีปริมาณสูงที่สุด และมีปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่ในเศษกระดูกน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การศึกษาวิธีการและเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่สด

โดยการนำเศษกระดูก และ สารสกัดแร่ธาตุที่กรองได้จากการแช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 3 วัน มาใช้เพื่อการสกัดโปรตีนต่อใน 2 ลักษณะ คือ ล้างน้ำและไม่ล้างน้ำ ก่อนแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 เมื่อศึกษาการพองตัวของกระดูกไก่ ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมา และสารฟอสเฟตที่สกัดได้ แสดงผลดังตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาผลของการล้างน้ำและไม่ล้างน้ำเศษกระดูกก่อนการแช่ด่าง พบว่า กระดูกที่ล้างน้ำจะมีการพองตัวน้อยกว่ากระดูกที่ไม่ล้างน้ำ เนื่องจากการล้างน้ำก่อนการแช่ด่าง ทำให้ปริมาณด่างความเข้มข้นร้อยละ 5 มีปริมาณมากพอที่จะทำให้โมเลกุลของโปรตีนแตกตัว เกิดการไฮโดรไลซ์โปรตีน จึงมีผลทำให้กระดูกหยุ่น นิ่มเละ และ ไม่เกิดการพองตัว ในทางตรงกันข้าม การไม่ล้างน้ำเศษกระดูกไก่ก่อนการแช่ด่าง กระดูกเกิดการพองตัวมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เป็นผลมาจากส่วนหนึ่งของด่างที่ใช้ไปทำปฏิกิริยากันกรดไฮโดรคลอริกในขั้นตอนการสกัดสารฟอสเฟต และเกิดการสะเทินเป็นกลางให้อยู่ในรูปเกลือแกง ทำให้ความเข้มข้นด่างลดลง ด่างที่เหลือจึงเข้าทำลายพันธะแวนเดอวาลส์ในโครงสร้างโปรตีนคอลลาเจน เป็นผลให้เกิดการคลายตัว และการพองตัวของกระดูกเพิ่มขึ้น ปริมาตรของกระดูกจึงเพิ่มขึ้น

ในขณะที่การล้างน้ำและไม่ล้างน้ำเศษกระดูกไก่ก่อนการแช่ด่าง ทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) แต่วิธีการไม่ล้างน้ำก่อนแช่นั้นจะมีสารฟอสเฟตที่สกัดออกมามากกว่า ทั้งนี้คำนึงถึงสารฟอสเฟตที่สกัดได้เป็นสำคัญ จึงพิจารณาเลือกใช้ การไม่ล้างน้ำกระดูกก่อนแช่ด่างในการเตรียมกระดูกก่อนการสกัดโปรตีน

สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ด่าง พบว่า เมื่อใช้เวลาแช่นานขึ้น กระดูกจะพองตัวมากขึ้น เนื่องจากสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้พันธะภายในโมเลกุลคอลลาเจนเกิดการแตกออกจากกัน โดยมีผลต่อแรงวันเดอวาลส์ (Van der Waals force) ที่ทำให้โครงสร้างเส้นใยคอลลาเจนเกิดความคงตัว (Stryer,1975) ดังนั้น จึงทำให้คอลลาเจนคลายตัวออก โมเลกุลของน้ำจึงแทรกตัวเข้าไปภายในโมเลกุลของโทรโปคอลลาเจนและจับกับโมเลกุลของคอลลาเจน ทำให้คอลลาเจนเกิดการพองตัวจึงมีปริมาตรเพิ่มขึ้น (Ward and Courts, 1977) แต่เนื่องจากปริมาณโปรตีนและสารฟอสเฟตที่สกัดได้ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงพิจารณาเลือกใช้ การแช่สารละลายด่าง 1 วันเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการสกัด โดยกระดูกที่ไม่ล้างน้ำก่อนนำไปแช่ด่างเป็นเวลา 1 วันจะสามารถสกัดสารฟอสเฟตได้สูงถึงร้อยละ 1.23 และโปรตีนร้อยละ 1.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของวิธีการ และเวลาในการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 5 แช่เพื่อสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่

วิธีการ	เวลา (วัน)	การพองตัวของกระดูก (มิลลิลิตร)	โปรตีนที่ละลายออกมา (ร้อยละ)	สารฟอสเฟตที่ละลายออกมา (ร้อยละ)
ล้างน้ำก่อนแช่	1	305 ± 7.07^{a}	1.59 ± 0.34^{a}	1.12 ± 0.01^{a}
	2	345 ± 7.07^{b}	1.41 ± 0.06^{a}	1.15 ± 0.01^{a}
	3	370 ± 14.14^{b}	1.22 ± 0.02^{a}	1.16 ± 0.02^{a}
ไม่ล้างน้ำก่อนแช่	1	370 ± 14.14^{c}	1.21 ± 0.07^{a}	1.23 ± 0.06^{b}
	2	375 ± 21.21^{c}	1.21 ± 0.19^{a}	1.32 ± 0.06^{b}
	3	380 ± 0.00^{c}	1.20 ± 0.04^{a}	1.28 ± 0.09^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงแร่ธาตุและโปรตีนสกัดจากเศษกระดูกไก่

ผงแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่ที่เตรียมโดย การแช่ในสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น ร้อยละ 5 เป็นเวลา 3 วัน และแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 วัน แล้วปั่นส่วนผสมที่สกัดได้รวมกันก่อนทำเป็นผงแร่ธาตุและโปรตีน พบว่าได้ปริมาณผลผลิต เป็นร้อยละ 48.26 ของน้ำหนักกระดูกสด และมีองค์ประกอบทางเคมี ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีที่ได้ของผงแร่ธาตุและโปรตีนที่สกัดจากเศษกระดูกไก่

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	0.84
เถ้า	39.48
เยื่อใย	23.88
โปรตีน	19.68
ไขมัน	8.55
คาร์โบไฮเดรต	23.71
ฟอสเฟต	1.23

หมายเหตุ : ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของความชื้น เถ้า เยื่อใย โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต แสดงปริมาณโดยน้ำหนักฐานแห้ง แต่ปริมาฟอสเฟตเป็นปริมาณโดยน้ำหนักฐานเปียก

4.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์ของผงแร่ธาตุ และโปรตีนจากเศษกระดูกไก่ในหมูยอและลูกชิ้น

4.2.1 การศึกษาผลของผงแร่ธาตุและโปรตีนต่อการปรับปรุงคุณภาพของหมูยอ

จากการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของหมูยอที่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5 และ 10 แสดงผล ดังตาราง 4.4 พบว่า เมื่อใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนปริมาณมากขึ้น มีผลทำให้ปริมาณน้ำที่สูญเสีย เนื่องจากการให้ความร้อนซึ่งอยู่ในรูปของน้ำอิสระ(free water) ลดลง ในขณะที่ปริมาณน้ำที่จับอยู่ในโครงสร้างของหมูยอ หรือ Expressible moisture มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงว่าหมูยอสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากสารฟอสเฟตในผงแร่ธาตุและโปรตีน นอกจากนี้สารฟอสเฟตยังช่วยทำให้การจับติด (cohesiveness) ของหมูยอดีขึ้น ส่งผลให้ความแข็ง (hardness) ของหมูยอเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับหมูยอที่ไม่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีน (ร้อยละ 0)

การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ของหมูยอ พบว่าการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนในหมูยอ 3 ระดับ ดังแสดงผลในภาพที่ 4.1 คือ เมื่อใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนร้อยละ 5 คุณลักษณะเกือบทุกค่ามีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านรสชาติคะแนนจะเพิ่มจาก 3.0365 เป็น 4.0255 และความชอบโดยรวมจะมีคะแนนสูงขึ้นจาก 2.9055 เป็น 3.4425

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลของการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนในหมูยอ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 , 5 และ 10 ต่อการสูญเสียน้ำหนักจากการให้ความร้อน (ร้อยละ) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ตร. ซม.) ความแข็ง(Hardness) (นิวตัน) และ การจับติด (Cohesiveness) x

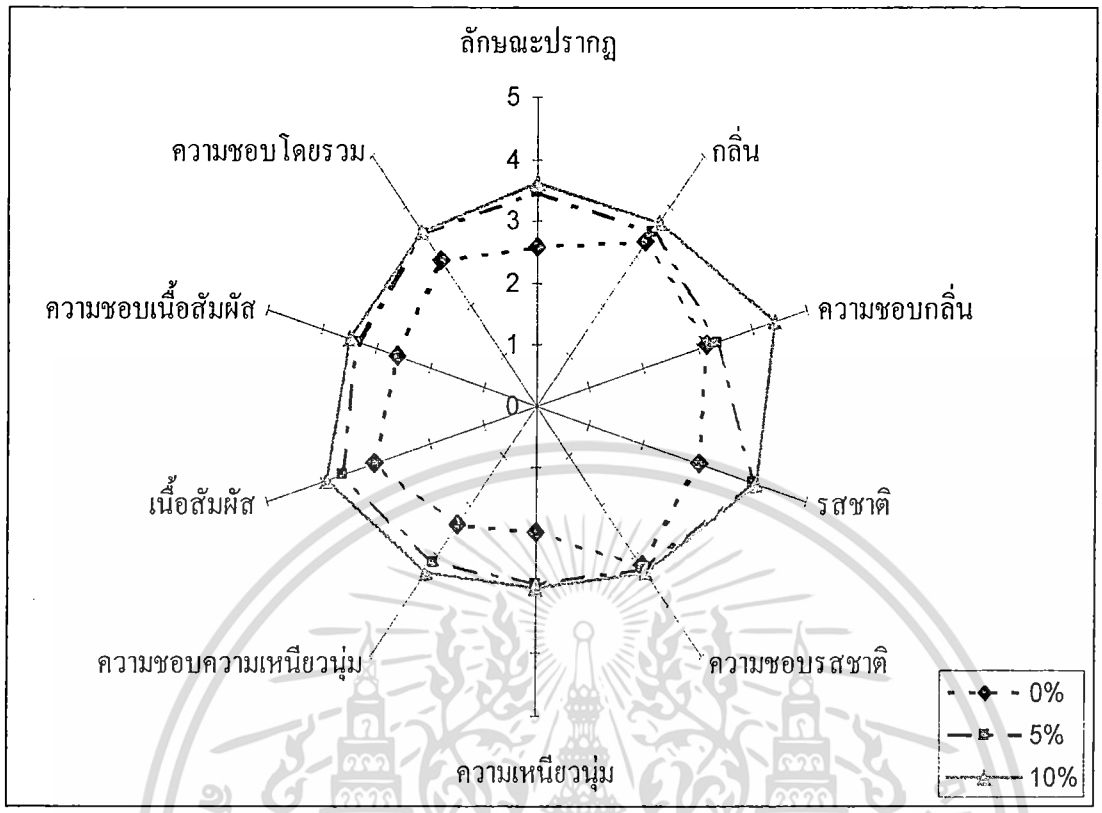
ปริมาณ MPP (ร้อยละ)	cooking loss (ร้อยละ)	expressible moisture (ตร.ซม.)	ลักษณะเนื้อสัมผัส	
			ความแข็ง(Hardness) (นิวตัน)	การจับติด (Cohesiveness)
0	19.26 ± 0.50^{a}	16.23 ± 1.51^{a}	27.44 ± 2.28^{a}	$(0.89 \pm 0.37)^{a} \times 10^{-4}$
5	16.39 ± 0.03^{b}	17.55 ± 1.27^{a}	48.43 ± 1.84^{b}	$(3.37 \pm 1.42)^{b} \times 10^{-4}$
10	15.08 ± 0.54^{c}	18.14 ± 1.40^{a}	52.31 ± 1.91^{b}	$(3.96 \pm 0.18)^{b} \times 10^{-4}$

MPP = ผงแร่ธาตุและโปรตีน (mineral and protein powder)

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

แต่เมื่อใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10 จะไม่ทำให้คุณลักษณะต่าง ๆ มีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังภาพที่ 4.1 แสดงว่าผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ไม่ทำให้คะแนนคุณลักษณะต่าง ๆ มากกว่าผงแร่ธาตุและโปรตีนร้อยละ 5 แต่กลับทำให้รสชาติเค็มจัดเกินไป ดังนั้นจึงเลือกใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนปริมาณร้อยละ 5 เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของหมูยอที่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีนในปริมาณแตกต่างกัน โดยแสดงผลในรูปกราฟใยแมงมุม

หมายเหตุ : ข้อมูลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในภาคผนวก ง.

การใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนปริมาณร้อยละ 10 เป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์หมูยอมีรสชาติเค็ม จัดทั้งนี้เนื่องจากจะมีเกลือแกง (NaCl) เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาสะเทินของกรดในขั้นตอนการสกัดสารฟอสเฟต และด่างในขั้นตอนการสกัดโปรตีนคอลลาเจน ดังสมการ

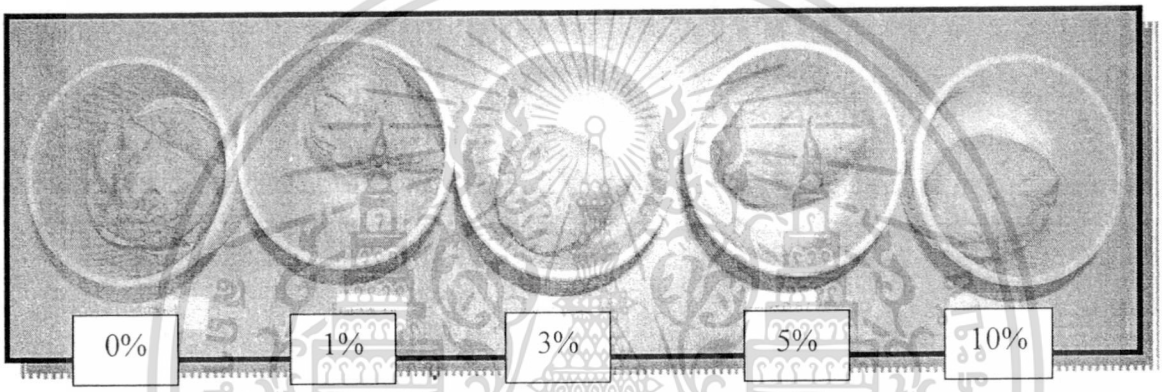
$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

และเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณ NaCl พบว่ามีเกลืองแกงสูงถึงร้อยละ 5.76 ซึ่งเป็นผลดีสำหรับการนำผงแร่ธาตุและโปรตีนไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โดยไม่ต้องเติมเกลือ จึงมีการนำไปทดลองใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนในลูกชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาปริมาณผงแร่ธาตุและโปรตีนที่เหมาะสมในลูกชิ้น

จากการทดลองข้อ 4.2.1 พบว่าการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนร้อยละ 10 ทำให้หมูยอมีรสเค็มจัดเกินไป จึงทำการทดลองเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของผงแร่ธาตุและโปรตีนเพียงอย่างเดียว ในการทำลูกชิ้นซึ่งมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ที่ระดับความเข้มข้น คือร้อยละ 0, 1, 3, 5 และ 10 ตามลำดับ พบว่า เมื่อความเข้มข้นของผงแร่ธาตุและโปรตีนสูงขึ้น การสูญเสียน้ำเนื่องจากการให้ความร้อน (cooking loss) จะมีค่าลดลง แสดงผลดังภาพที่ 4.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าลูกชิ้นที่ไม่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีนจะมีน้ำแยกตัวออกมาจากลูกชิ้นมาก และ เมื่อเติมผงแร่ธาตุและโปรตีนเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 1 - 10 ปริมาณน้ำที่แยกออกมาจะลดลงตามลำดับจากร้อยละ 21.23 เหลือเพียงร้อยละ 11.22 (ผลแสดงตามตารางที่ 4.5)



ภาพที่ 4.2 ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการให้ความร้อนของลูกชิ้นที่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีนในระดับแตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.5 การใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนในลูกชิ้น จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการให้ความร้อนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์กลับมีปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในโครงสร้างมากขึ้น เนื่องจากค่า expressible moisture content จะเพิ่มขึ้นตามลำดับตามความเข้มข้นของผงแร่ธาตุและโปรตีนที่เพิ่มขึ้น

นอกไปจากนี้ยังพบว่าลักษณะปรากฏของลูกชิ้นดีขึ้นตามลำดับ จากเนื้อสัมผัสที่หยาบ ร่วน ไม่เกาะกันเป็นก้อน รสชาติจืด เหม็นคาวจัด สีน้ำตาลเข้มเมื่อไม่ได้เติมผงแร่ธาตุและโปรตีน และลักษณะเนื้อจะมีความละเอียด เนียน ไม่ร่วน จับตัวเกาะกันเป็นก้อนเหนียว มีความหยุ่น ไม่มีกลิ่นคาว เป็นผลมาจากผงแร่ธาตุและโปรตีนที่เติมมีบทบาทในการเป็นสารช่วยในการเกาะตัว (binder) อีกทั้งสารประกอบฟอสเฟตช่วยให้โมเลกุลเนื้อยึดเกาะกันได้ดี เนื่องจากโพลิฟอสเฟตจะทำให้ actomyosin complex แตกตัวออกจากกัน โปรตีนไมโอซินจึงถูกละลายออกมามากเมื่อสกัดด้วยเกลือและฟอสเฟต ซึ่งมีบทบาทต่อการรวมตัวกันในระหว่างการสับผสม ทำให้เนื้อมีความเหนียวและยืดหยุ่นดีขึ้น (เยาวลักษณ์,2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลของการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนในลูกชิ้นที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 ถึง 10 ต่อการสูญเสียน้ำหนักจากการให้ความร้อน (ร้อยละ) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ตร. ซม.) และลักษณะปรากฏหลังการทำให้สุกเชิงพรรณนา

ปริมาณผงแร่ธาตุและโปรตีน (ร้อยละ)	Cooking loss (ร้อยละ)	Expressible moisture (ตร. ซม.)	ลักษณะปรากฏของลูกชิ้น หลังการทำให้สุกเชิงพรรณนา
0	27.63 ± 3.23^{c}	13.83 ± 0.64^{a}	เนื้อหยาบ ร่วน ไม่เกาะกันเป็นก้อน รสชาติจืด เหม็นคาวจัด สีน้ำตาล
1	21.23 ± 2.75^{bc}	14.24 ± 0.85^{a}	เนื้อละเอียด ไม่ร่วน เกาะกันเป็นก้อนบางส่วน รสชาติจืด เหม็นคาวเล็กน้อย สีน้ำตาลอ่อน
3	19.58 ± 5.83^{b}	14.74 ± 1.72^{a}	เนื้อละเอียด ไม่ร่วน เกาะกันเป็นก้อนแน่น รสชาติเค็มเล็กน้อย กลิ่นคาวลดลงมาก สีน้ำตาลอ่อนลง
5	10.27 ± 1.59^{a}	14.94 ± 1.11^{a}	เนื้อเนียนละเอียดเกาะกันเป็นก้อนเหนียว มีความหยุ่น รสชาติเค็มพอดี ไม่มีกลิ่นคาว สีน้ำตาลจาง
10	11.22 ± 2.60^{a}	15.61 ± 0.93^{a}	เนื้อเนียนละเอียด เกาะกันเป็นก้อนเหนียว มีความหยุ่น รสชาติเค็มจัด มีกลิ่นของผงแร่ธาตุและโปรตีนชัดเจน สีน้ำตาลจางออกเหลือง

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ดังนั้นการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียด จับกันเป็นก้อน รสชาติเหมาะสมไม่เค็มจัด กลิ่นคาวของเนื้อสดลดลง แต่การใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ร้อยละ 10 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มจัด และมีกลิ่นของผงแร่ธาตุและโปรตีนอย่างรุนแรงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับในการบริโภค ดังนั้นการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์มากกว่าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 ซึ่งเป็นการลดปริมาณการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนที่จะทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. เวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดแร่ธาตุจากเศษกระดูกไก่สด คือ การแช่เศษกระดูกไก่ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สกัดสารฟอสเฟตออกจากเศษกระดูกไก่ได้ร้อยละ 1.00 ± 0.007 และมีปริมาณเถ้าเหลืออยู่ในเศษกระดูกร้อยละ 5.49 ± 0.72 (น้ำหนักกระดูกแห้ง)

2. วิธีการและเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่สด คือ การไม่ล้างน้ำก่อนนำไปแช่สารละลายโซเดียมไดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 วัน ซึ่งทำให้กระดูกไก่มีการพองตัว 370 ± 14.14 มิลลิลิตร ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาร้อยละ 1.21 ± 0.07 และปริมาณสารฟอสเฟตที่สกัดได้ร้อยละ 1.23 ± 0.06

3. ผงแร่ธาตุและโปรตีนมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ ความชื้นร้อยละ 0.84 เถ้าร้อยละ 39.48 เยื่อใยร้อยละ 23.88 โปรตีนร้อยละ 19.68 ไขมันร้อยละ 8.55 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 23.71 โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5.76 และสารฟอสเฟตร้อยละ 1.23 โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 48.26 (น้ำหนักกระดูกสด)

4. เมื่อนำผงแร่ธาตุและโปรตีนมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพหมูยอ พบว่า การใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 จะทำให้หมูยอมีปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการให้ความร้อน (cooking loss) ร้อยละ 16.39 ± 0.03 ปริมาณน้ำที่จับอยู่ในโครงสร้าง (expressible moisture) 17.55 ± 1.27 ตร.ซม. ค่าความแข็ง (hardness) 48.43 ± 1.84 นิวตัน ค่าการจับติด(cohesiveness) 3.37 ± 1.42 x 10^{-4} และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมเป็น 4.0255 ± 0.45 และ 3.4405 ± 0.65 ตามลำดับ

5. การใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ระดับเหมาะสมในลูกชิ้นที่ความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 5 จะทำให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการให้ความร้อนเป็นร้อยละ 10.27 ± 1.59 ปริมาณน้ำที่จับอยู่ในโครงสร้าง เท่ากับ 14.94 ± 1.11 ตร.ซม. และมีคุณลักษณะที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

1. สารฟอสเฟตที่สกัดได้ในผงแร่ธาตุและโปรตีน เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในกระดูกไก่ตามธรรมชาติ จึงน่าจะปลอดภัยต่อการบริโภคมากกว่าสารฟอสเฟตที่ใช้ในอุตสาหกรรม

2. เกลือแกงที่เกิดขึ้นในผงแร่ธาตุและโปรตีน เป็นตัวจำกัดปริมาณการใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปริมาณสารฟอสเฟตมีอยู่ในผงแร่ธาตุและโปรตีนให้อยู่ในปริมาณที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ซึ่งเท่ากับร้อยละ 0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชาลินี ศรีนิ่มนวล. 2548. **สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเจลาตินจากกระดูกไก่.** วิทยานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ

พันทวี มาไพโรจน์. 2531. **เนื้อเยื่อสัตว์.** ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 87น.

พรเพ็ญ บุญสิน. 2542. **การใช้ฟอสเฟตในอาหารทะเล.** สัมมนาปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , กรุงเทพฯ

มาณิสสา โชติสกุลรัตน์. 2548. **การใช้คอลลาเจนปรับปรุงผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.** สัมมนาปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , กรุงเทพฯ

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** เค.ยู.เพลส,กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 2

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2547. **บทปฏิบัติการวิชาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.** โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 13 น.

สิรินทร์ จิโมกสนตว์, เจมส์ เอ โอสัน, ยงยุทธ์ ยุทธวงศ์ , สุวิทย์ เพียรกิจกรรม, สกล พันธุ์ยิ้ม และมนตรี จุฬาวัฒนทล. 2523. **ชีวเคมี.** ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล,กรุงเทพฯ.582น.

อิษยา ภูธนกิจ และอุดมลักษณ์ ภักดีภิญโญ. 2536. **การสกัดเจลาตินจากเศษกระดูกไก่.** ปัญหาพิเศษ.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , กรุงเทพฯ

เอกราช เกตวัลห์ , พงศธร สังข์เผือก , ประไพศรี ศิริจักรวาล และวิสิฐ จะวะสิต. 2545. การสกัดแคลเซียมจากกระดูกไก่และการทดลองใช้เสริมในอาหาร. **J. of The National Research Council of Thailand.** 34(2): 163-180 .

อำนาจ ยอแสง และณัฐวุฒิ ว่องกิตติพงษ์. 2541. **การศึกษาการผลิตเจลาตินจากกระดูกปลา.** ปัญหาพิเศษ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , กรุงเทพฯ

A.O.A.C. 1995. **Official methods of analysis.** 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.

A.O.A.C. 1996. **Official methods of analysis.** 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

A.O.A.C. 2000. **Official methods of analysis.** 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Allingham, C.A. 2006. **Better color and moisture retention, less rancidity.** Available online at http://www.virtualweberbullet.com/enhancedmeat.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Benedict, RC. 1987. Determination of nitrogen and protein content of meat and meat products. **J. of the Association of Official Analytical Chemists.** 70(1): 69-74 p.

Duerr,P.E. and Earle,M.D.1974.The extraction of beef bones with water, dilute sodium hydroxide and dilute potassium chloride. **J. of the Science of Food and Agriculture.** 25: 121-128 p.

Harris P. 1990. **Food gel.** Elsevier applied science, New York, 476 p.

http://fig.cox.miami.edu/~cmallery/150/protein/proteinsb.htm

http://pbm.ct.utwente.nl/dopdrachten/yang.htm

Khalil, A. H. 2000. Quality characteristics of low-fat beef patties formulated with modified corn starch and water. **Food Chemistry**. 68: 61–68 p.

Kijiowski, J. and Niewiarowicz , A.A. 1985. A method of protein extraction from chicken bone residue and the chemical and electrophorytic characteristica of the extract. **Journal of Food Technology**. 20: 43-49 p.

Meullenet, J.F.; Chang, H.C.; Carpenter, J.A. and Resurreccion, A.V.A. 1994. Textural properties of chicken frankfurters with added collagen fibers. **Journal of the Science of Food.** 59(4): 729-733 p.

Michael, M.; Rita, M. and Dieter, H. 2005. Solubilisation of cattle hide collagen by thermomechanical treatment. **Polymer Degradation and Stability.**87: 137-142 p.

Ockerman, H.W. and Hansen, C.L. 2000. **Animal by-product processing & utilization**. Technomic Publishing Company, Inc. USA.

Offer, G. and Knight, P. 1988. The structural basis of water-holding in meat. **Developments in meat science.**, Vol. 4. R. Lawrie, ed. Elsevier, London. 63–243 p.

Pradhu, G.; Doerscher, D.R. and Hull, D.H. 2004. Utilization of pork collagen in emulsified and whole muscle meat products**. Journal of the Science of Food.**69(5):388-392 p.

Schilling, M.W.; Mink, L.E.; Gochenour, P.S.; Marriott, N.G. and Alvarado, C.Z. 2003. Utilization of pork collagen for functionality improvement of boneless cured ham manufactured from pale, soft, exudative pork. **Meat Science.** 65: 547-553 p.

Stryer, L. 1975. **Biochemistry.** W.H.Freeman and Company.Sanfrancisco. 877 p.

Ward, A.C. and Courts, A. 1977. **The science and technology of gelatin.** Academic Press, London. 546 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้