

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การสกัดและใช้ประโยชน์แร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่
(Extraction and utilization of mineral and protein from chicken bone residue)



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 96511
วัน,เดือน,ปี..... - 3 JUN 2548

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
อาคารเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การสกัดและใช้ประโยชน์แร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่

(Extraction and utilization of mineral and protein from chicken bone residue)

จัดทำโดย

นางสาวธนวรรณ สัมฤทธิ์ผล

รหัสนักศึกษา 45040141

นางสาวภัทรพร ไหมอ่อง

รหัสนักศึกษา 45040152

นางสาวมานิสสา โชติสกุลรัตน์

รหัสนักศึกษา 45040156

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

24 / 21 / 49

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การสกัดและใช้ประโยชน์แร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่

นักศึกษา นางสาวนวรรธ สัมฤทธิ์ผล รหัสนักศึกษา 45040141
 นางสาวภัทรพร ใหม่อ่อง รหัสนักศึกษา 45040152
 นางสาวมาณิสสา โชติสกุลรัตน์ รหัสนักศึกษา 45040156

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร

พ.ศ. 2548

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์

บทคัดย่อ

เศษกระดูกไก่เป็นวัสดุเหลือใช้ของโรงงานชำแหละไก่ ซึ่งการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่จะนำไปผลิตอาหารสัตว์และปุ๋ยซึ่งมีมูลค่าต่ำ จึงทำการศึกษาการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนคอลลาเจนจากเศษกระดูกไก่สดเพื่อเพิ่มมูลค่าของเศษกระดูกไก่ พบว่า การสกัดแร่ธาตุจากเศษกระดูกไก่ออกได้ดีทำโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 5 แก่กระดูกนาน 72 ชั่วโมง จะสกัดปริมาณสารฟอสเฟตได้ร้อยละ 1.00 ± 0.007 และทำให้กระดูกมีเถ้าเหลืออยู่เพียงร้อยละ 5.49 ± 0.72 (น้ำหนักแห้ง) ส่วนขั้นตอนในการสกัดโปรตีนคอลลาเจน พบว่า วิธีการและเวลาที่เหมาะสม คือ การใช้เศษกระดูกแช่ค้างโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 ต่อจากการสกัดแร่ธาตุโดยไม่ต้องล้างน้ำเป็นเวลา 1 วัน ทำให้กระดูกมีการพองตัวได้ดี มีโปรตีนที่ละลายออกมาได้ถึงร้อยละ 1.21 ± 0.07 และสารฟอสเฟตที่สกัดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.23 ± 0.06 แร่ธาตุและโปรตีนที่สกัดได้เมื่อนำมาทำให้เป็นผงมีองค์ประกอบทางเคมีโดยน้ำหนักแห้ง ดังนี้ มีความชื้นร้อยละ 0.84 เถ้าร้อยละ 39.48 เซลลูโลสร้อยละ 23.88 โปรตีนร้อยละ 19.68 ไขมันร้อยละ 8.55 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 23.71 และฟอสเฟตร้อยละ 1.23 ซึ่งมีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 48.26 (น้ำหนักกระดูกสด)

การใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนเพื่อปรับปรุงคุณภาพหมุยขอ พบว่า ผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ระดับร้อยละ 5 ในสูตรทั่วไปสามารถปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมุยขอให้ดีขึ้น สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของลูกชิ้นสามารถใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ระดับร้อยละ 5 ได้เช่นเดียวกันโดยไม่ต้องเติมเกลือลงในสูตร เนื่องจากในผงแร่ธาตุและโปรตีนมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์มากถึงร้อยละ 5.76

นางนวรรธ สัมฤทธิ์ผล
 ภัทรพร ใหม่อ่อง
 มาณิสสา โชติสกุลรัตน์



24 มี ค 49

เอกสารนี้เป็นของนักศึกษา หวนไว้สำหรับการใช้โดยมีชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ปรนัย เด็ดขาด
 ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนแนวทางในการแก้ปัญหา ทำให้การทำปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบพระคุณ ดร. ยุพร พิชกมูทร และ ดร. กิตติชัย บรรจง รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำ และคำปรึกษาเกี่ยวกับการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณ คุณศศิธร อนันตพันธุ์พงศ์ จากบริษัท สหฟาร์ม จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เศษกระดูกไก่บดละเอียด (chicken bone residue) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบคุณบริษัท United Analyst and Engineering Consultant จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์การวิเคราะห์ปริมาณสารฟอสเฟตและเกลือ ทำให้ผลการทดลองของปัญหาพิเศษนี้สมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร และเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ความสะดวก และเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกในครอบครัวที่คอยเอาใจใส่ และเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษ

คณะผู้จัดทำ
มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 องค์ประกอบของเศษกระดูกไก่	2
2.2 คอลลาเจน (collagen หรือ white connective tissue)	3
2.3 กระบวนการสกัดแร่ธาตุและ โปรตีนจากเศษกระดูกไก่	4
2.4 การใช้ประโยชน์	6
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	11
3.1 วัสดุดิบ	11
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	11
3.3 สารเคมี	11
3.4 วิธีการทดลอง	12
บทที่ 4 ผลการทดลอง	16
4.1 การศึกษาภาวะการแยกแร่ธาตุและ โปรตีนที่เหมาะสมจากเศษกระดูกไก่สด	16
4.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์ของผงแร่ธาตุและ โปรตีนจากเศษกระดูกไก่ ในหมูยอและลูกชิ้น	19
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	27
ภาคผนวก	29
ภาคผนวก ก. วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	30
ภาคผนวก ข. วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ	34
ภาคผนวก ค. วิธีวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส	36
ภาคผนวก ง. วิธีทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส	38
ประวัติผู้เขียน	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ที่ได้จากเครื่องถอดกระดูกไก่ 100 กรัม หน่วยเป็นร้อยละของน้ำหนักฐานเปียก	2
2.2	ปริมาณคอลลาเจนที่เหมาะสมต่อการใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ	9
4.1	ปริมาณสารฟอสเฟต (ร้อยละ) ที่สกัดได้ และปริมาณเถ้า (ร้อยละ) ที่เหลือ ในเศษกระดูก เมื่อแช่กระดูกไก่ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้นร้อยละ 5	16
4.2	ผลของวิธีการแช่ และเวลาที่เหมาะสมในการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 5 แช่เพื่อสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่	18
4.3	องค์ประกอบทางเคมีที่ได้ของผงแร่ธาตุและโปรตีนที่สกัดจากเศษกระดูกไก่	19
4.4	ผลของการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีน ในหมูยอ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 5 และ 10 ต่อการสูญเสียน้ำหนักจากการให้ความร้อน (ร้อยละ) ความสามารถ ในการอุ้มน้ำ (ตร. ชม.) ความแข็ง (Hardness) (นิวตัน) และ การจับติด (Cohesiveness) $\times 10^{-1}$	21
4.5	ผลของการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนในลูกชิ้นที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 ถึง 10 ต่อการสูญเสียน้ำหนักจากการให้ความร้อน (ร้อยละ) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ตร. ชม.) และลักษณะปรากฏหลังการทำให้สุกเชิงพรรณนา	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของเส้นใยคอลลาเจน	3
2.2	โทรโปคอลลาเจน (tropocollagen)	4
3.1	ขั้นตอนการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูก	15
4.1	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของหมอยอที่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีน ในปริมาณแตกต่างกัน โดยแสดงผลในรูปกราฟไขแมงมุม	20
4.2	ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการให้ความร้อนของลูกชิ้นที่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีน ในระดับแตกต่างกัน	22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

การจัดการผลิตผลพลอยได้ (by-products) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมถือเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากผลิตผลพลอยได้ดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้โรงงานผู้ผลิตต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากในการกำจัด และบำบัด ดังนั้นการนำผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการผลิตมาผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้นอกจากจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดผลิตผลพลอยได้ และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมแล้วยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลพลอยได้ ซึ่งถือเป็นผลดีต่ออุตสาหกรรมการผลิต

ในปัจจุบันประเทศไทยมีอุตสาหกรรมการผลิต สังกะสี และแปรรูปเนื้อไก่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้มีเศษกระดูกไก่ที่เกิดจากการผลิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งโดยทั่วไปจะนำไปใช้ผสมเป็นอาหารสัตว์หรือทำปุ๋ยที่มีมูลค่าต่ำ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ขององค์ประกอบต่างๆ จากเศษกระดูกไก่ที่ได้จากเครื่องลดกระดูก เนื่องจากกระดูกไก่นี้มีปริมาณฟอสฟอรัส และ โปรตีนอยู่ถึงร้อยละ 2.60 และ 20.50 ตามลำดับ (เอกราช และคณะ, 2545) ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่ม ชุ่มน้ำ และยืดหยุ่นมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแร่ธาตุและ โปรตีนจากเศษกระดูกไก่มาใช้ประโยชน์
- 1.2.2 การประยุกต์ใช้ผงแร่ธาตุและ โปรตีนจากเศษกระดูกไก่ในผลิตภัณฑ์หมูยอและลูกชิ้น
- 1.2.3 การเพิ่มมูลค่าเศษกระดูกไก่สด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 องค์ประกอบของกระดูกไก่

กระดูก เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีความแข็งแรงมากที่สุด แต่จะเปราะไม่ค่อยมีความยืดหยุ่นเหมือนกระดูกอ่อน องค์ประกอบแบ่งออกได้เป็นสารอนินทรีย์ประมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของกระดูกสด ส่วนที่เหลือเป็นพวกสารอินทรีย์ และน้ำ ในส่วนของสารอินทรีย์ในกระดูกมีเส้นใยคอลลาเจน (collagenous fibers) เป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่ถึงร้อยละ 90 (สิรินทร์และคณะ, 2523) นอกจากนี้ในส่วนพื้นเนื้อของกระดูกจะมีเกลือของสารอนินทรีย์ เช่น แคลเซียมฟอสเฟต $[Ca(PO_4)_2]$ และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ปนอยู่ทั่วไปด้วย โดยเกลือทั้ง 2 ชนิดนี้มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 98 ของสารอนินทรีย์ทั้งหมด (Ward และ Courts, 1977) เมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นจนถึงขั้นโตเต็มวัย ส่วนของสารอนินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้นจนมีประมาณร้อยละ 65

กระดูกอ่อน เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีรูปร่างหน้าตาต่างไปจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดอื่น เนื่องจากมีส่วนของเส้นใยอยู่อย่างหนาแน่นมากจนทำให้ส่วนพื้นเนื้อมีความหนาแน่นมากคล้ายกับยาง แต่จะมีเซลล์อยู่ในส่วนพื้นไม่มากนัก

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ที่ได้จากเครื่องถอดกระดูกไก่ 100 กรัม หน่วยเป็นร้อยละของน้ำหนักฐานเปียก

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

ที่มา : เอกราชและคณะ, 2545

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าเป็นน้ำหนักฐานแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

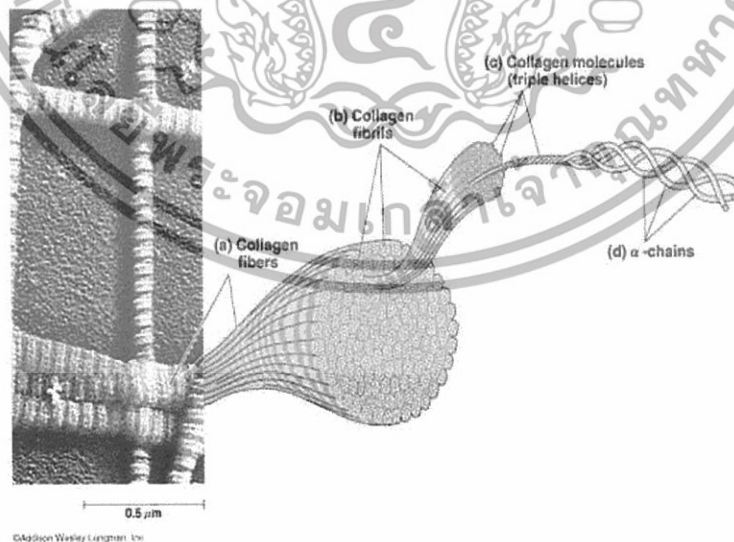
เศษกระดูกไก่ที่ได้หลังจากแยกส่วนที่เป็นเนื้อติดกระดูกจากเครื่องถอดกระดูก(deboner machine) แล้วยังมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์อยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นวัตถุเหลือใช้ของโรงงานชำแหละไก่ มีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้คือ ความชื้นร้อยละ 53.20 โปรตีนทั้งหมดร้อยละ 20.5 ไขมันร้อยละ 8.4 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2.1 เถ้าร้อยละ 15.9 และฟอสฟอรัสร้อยละ 2.6 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกไก่ที่ได้จากเครื่องถอดกระดูกซึ่งคิดเป็นน้ำหนักฐานเปียกและน้ำหนักฐานแห้งจากน้ำหนักกระดูก 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 2.1

2.2 คอลลาเจน (collagen หรือ white connective tissue)

2.2.1 ลักษณะและโครงสร้างของคอลลาเจน

คอลลาเจนจัดเป็นโปรตีนที่มีลักษณะเป็นเส้น (fibrous protein) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีอยู่ในร่างกาย มีลักษณะที่สังเกตได้เป็นเส้นเล็กๆ ยาว และหยิกหยอง อาจอยู่เป็นเส้นเดี่ยว หรืออยู่รวมกันหลายเส้นเป็นท่อน (bundle) ก็ได้ คอลลาเจนมีสีขาวเนื่องจากมีกรด อะมิโนไฮดรอกซีโพรลีนและโพรลีนเป็นองค์ประกอบสานกันเป็นร่างแห มีความยืดหยุ่นต่ำ ส่วนประกอบที่สำคัญของคอลลาเจน คือ ไกลโคโปรตีน ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลกาแลกโทส และกลูโคสปนอยู่ด้วยเล็กน้อย

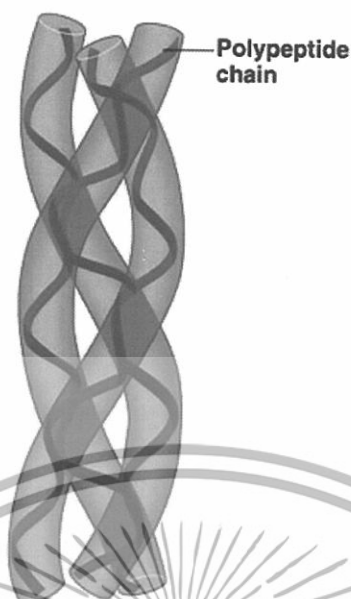
เส้นใยคอลลาเจน (collagen fiber) แสดงดังภาพที่ 2.1 ประกอบด้วยคอลลาเจนไฟบริลที่มีลักษณะคล้ายแท่งของโทรโปคอลลาเจนอยู่รวมกัน ซึ่งแต่ละโมเลกุลของโทรโปคอลลาเจนจะประกอบด้วยสายโซ่โพลีเพปไทด์ (α -chain) 3 เส้นจับตัวหมุนเป็นเกลียวสาม (triple helix structure) แต่ละโซ่เป็นเกลียวขวnidวนซ้ายมาพันกันเป็นเกลียวขนาดใหญ่ขวnidวนขวา (right-handed super helix) แสดงดังภาพที่ 2.2 ซึ่งเสถียรด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่โพลีเพปไทด์



ภาพที่ 2.1: ส่วนประกอบของเส้นใยคอลลาเจน

ที่มา : <http://pbm.ct.utwente.nl/dopdrachten/yang.htm>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2: โทรโปคอลลาเจน (tropocollagen)
ที่มา : <http://fig.cox.miami.edu/~cmallery/150/protein/proteinsb.htm>

2.3 กระบวนการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่

2.3.1 การสกัดสารฟอสเฟต (Extraction of phosphate)

แร่ธาตุส่วนใหญ่ที่พบในกระดูกไก่ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และไตรแคลเซียมฟอสเฟต (tricalcium phosphate; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) โดยพบมากถึงร้อยละ 98 ของน้ำหนักแร่ธาตุทั้งหมด ซึ่งการสกัดแร่ธาตุจะใช้สารละลายกรด โดยเฉพาะกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับไตรแคลเซียมฟอสเฟตให้กลายเป็น โมโนแคลเซียมฟอสเฟต [$\text{Ca}(\text{HPO}_4)_2$] ซึ่งละลายน้ำได้จึงสามารถสกัดออกมาอยู่ในสารละลายได้ นอกจากนั้นอาจใช้กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) และกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ในการสกัดด้วย โดยความเป็นกรด-ด่างของสารละลายกรดที่ใช้ควรอยู่ในช่วง 1 – 3 ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการแช่กระดูกขึ้นอยู่กับ ชนิดของวัตถุดิบ อุณหภูมิ และความเข้มข้นของกรดที่ใช้ โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 2 – 3 วันจนถึง 4 สัปดาห์ เศษกระดูกที่ผ่านการสกัดแล้ว เรียกว่า โอเซอิน (ossein)

สมการการสกัดแร่ธาตุในกระดูกไก่ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (Oakerman และ Hansen, 2000)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การสกัดโปรตีนคอลลาเจน (Extraction of protein collagen)

เป็นกระบวนการที่ทำให้คอลลาเจนอยู่ในรูปที่เหมาะสมต่อการสกัด โดยจะทำให้คอลลาเจนที่อยู่ในวัตถุดิบเกิดการพองตัว ซึ่งการพองตัวของวัตถุดิบแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของคอลลาเจนที่มีลักษณะเป็นเส้นใยถูกทำให้แยกออกจากกันบางส่วน โดยเกิดจากการทำลายแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals force) และพันธะในโมเลกุลของคอลลาเจน มีผลทำให้คอลลาเจนเกิดการคลายตัวและสามารถสกัดออกมาได้ง่ายขึ้น โดยทั่วไปการสกัดโปรตีนคอลลาเจนสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1) กระบวนการใช้กรด (acid process) เป็นการเตรียมวัตถุดิบโดยการแช่วัตถุดิบในกรดกรดที่นิยมใช้ส่วนมาก ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) และกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ซึ่งนิยมใช้กับการสกัดโปรตีนคอลลาเจนจากหนังสุกร และ โอเซอินสด (fresh ossein) เนื่องจากกรดที่ใส่จะทำให้คอลลาเจนเกิดการจัดเรียงโครงสร้างใหม่ และทำให้สารที่ไม่ใช่คอลลาเจน เช่น เคอราติน (keratin) โกลบูลิน (globulins) มิวซิน (mucins) มิวโคโพลีแซคคาไรด์ (mucopolysaccharides) อีลาสติน (elastin) และอัลบูมิน (albumins) เกิดการรวมตัวกัน (coagulated) และตกตะกอนออกมาในระหว่างขั้นตอนการสกัด

2) กระบวนการใช้ด่าง (alkaline process) เป็นการสกัดโปรตีนคอลลาเจนโดยการแช่วัตถุดิบในสารละลายด่าง ด่างที่นิยมใช้ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) วัตถุดิบที่มักจะทำการสกัดด้วยวิธีนี้ คือ หนัง กระดูกของโค กระบือ และ โอเซอิน การสกัดโปรตีนคอลลาเจนด้วยสารละลายด่างเพื่อทำลายพันธะเคมีที่ยังคงมีอยู่ในคอลลาเจนและกำจัดสารที่ไม่ต้องการ ซึ่งในระหว่างแช่กระดูกในสารละลายด่าง พันธะโควาเลนต์ระหว่างคอลลาเจนบางพันธะจะถูกทำให้แตกหรือแยกออกจากกัน นอกจากนี้ยังทำให้สารที่ไม่ใช่คอลลาเจนเกิดการเปลี่ยนแปลงและสามารถละลายน้ำได้ขึ้นอีกด้วย

ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่วัตถุดิบนั้น ขึ้นอยู่กับ ธรรมชาติของวัตถุดิบ ความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือด่าง และอุณหภูมิ กระบวนการใช้กรดจะใช้เวลาในการสกัดโปรตีนคอลลาเจนประมาณ 10 – 30 ชั่วโมง ซึ่งจะเร็วกว่ากระบวนการใช้ด่างที่ใช้เวลาประมาณ 5 – 12 สัปดาห์ แต่อาจลดเวลาลงได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายด่างที่ใช้ นอกจากนี้กระบวนการใช้กรดยังมีน้ำเสียเกิดขึ้นน้อยกว่ากระบวนการใช้ด่างอีกด้วย จึงทำให้การใช้กรดในการสกัดโปรตีนคอลลาเจนเป็นที่นิยมในปัจจุบัน

Duerr และ Earle (1974) ศึกษาการสกัดโปรตีนคอลลาเจนจากกระดูกวัว โดยใช้สารละลาย 3 ชนิด คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล และน้ำ ตามลำดับ พบว่า การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถสกัดโปรตีนคอลลาเจนออกมาได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 0.38 (น้ำหนักกระดูกสด) ส่วนการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์และน้ำ สามารถสกัดโปรตีนคอลลาเจนได้มีปริมาณเท่ากัน คือ ร้อยละ 0.09 (น้ำหนักกระดูกสด) ดังนั้นการสกัดโปรตีนคอลลาเจนจากกระดูกวัวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จึงมีความเหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Michael และคณะ (2005) ศึกษาผลกระทบให้ความร้อนที่มีผลต่อค่าการละลายของโมเลกุลคอลลาเจน พบว่า เมื่อให้ความร้อนแก่โมเลกุลคอลลาเจน จะทำให้โครงสร้างที่เป็นเส้นใยของโมเลกุลคอลลาเจนหายไป และเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานจะทำให้คอลลาเจนมีน้ำหนักโมเลกุลลดลง ซึ่งแสดงว่า พันธะโควาเลนต์ภายในโมเลกุลคอลลาเจนถูกทำลายมากขึ้น มีผลให้ค่าการละลายของคอลลาเจนสูงขึ้นด้วย

2.4 การใช้ประโยชน์

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ สารฟอสเฟต และ โปรตีนคอลลาเจน ซึ่งมีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ ดังนี้

2.4.1 สารประกอบฟอสเฟต

ฟอสเฟตเป็นสารที่ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิด เช่น เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และผลิตภัณฑ์อาหารทะเล ในสหรัฐอเมริกาสารฟอสเฟตได้รับการรับรองให้เป็นส่วนประกอบของอาหารที่ปลอดภัย (GRAS; generally recognized as safe)

2.4.1.1 คุณสมบัติของสารฟอสเฟตในอาหาร

1. เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและเพิ่มความนุ่มของเนื้อ ทำให้น้ำที่มีอยู่ในเนื้อ สัตว์ไม่สูญเสียออกไปในขณะที่ผ่านกระบวนการแปรรูป ได้แก่ สารโพลีฟอสเฟต โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และโซเดียมเฮกซะเมต้าฟอสเฟต
2. ทำให้สีของเนื้อคงตัว เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตทำหน้าที่ควบคุม pH ของเนื้อให้อยู่ในช่วง pH 6.0 – 6.6 จึงทำให้สีแดงของ oxymyoglobin ไม่เปลี่ยนเป็น metmyoglobin โดยการออกซิไดซ์ เนื้อจึงมีสีแดงคงตัว ได้แก่ โพลีฟอสเฟต หรือ ไดอัลคาลิฟอสเฟต
3. เพิ่มรสชาติให้กับเนื้อ เนื่องจากฟอสเฟตทำให้โมเลกุลโปรตีนในเนื้อละลายออกมาและเกิดการคลายตัวจัดเรียงตัวกันขึ้นมาใหม่เป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ซึ่งสามารถกั้นไม่ให้ของเหลวในเลือดและของเหลวในเซลล์ไหลออกมา แต่จะจับตัวไม่เคลื่อนที่อยู่ที่อยู่ในโครงสร้างใหม่ของโปรตีนนี้ ทำให้กลิ่นรสต่างๆ ของเนื้อคงอยู่อย่างสมบูรณ์
4. ทำให้โมเลกุลเนื้อยึดเกาะกันดี เนื่องจาก actomyosin complex แตกตัวออกจากกัน จึงมีบทบาทต่อการรวมตัวกันในระหว่างสับผสม ทำให้เนื้อมีความเหนียวและยืดหยุ่นดีขึ้น

2.4.1.2 ความเป็นพิษของการใช้สารฟอสเฟตในอาหาร

ความเป็นพิษของการใช้สารฟอสเฟตในอาหารได้มีการศึกษาค้นคว้าอย่างมากมาย โดยทั่วไปแล้วเกลืออนินทรีย์ทุกชนิดมีเหตุผลที่คาดว่า ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เกิดเป็นพิษในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่างกายสิ่งมีชีวิต ปริมาณที่มากเกินไปของเกลืออนินทรีย์ไม่เพียงแต่ทำให้ความสมดุลของแร่ธาตุในร่างกายผิดปกติ แต่ยังมีผลกับความดันออสโมติกของของเหลวในร่างกาย ในกรณีของสารฟอสเฟตคาดว่าจะไปยับยั้งการรวมตัวเพื่อให้เกิดสารอาหารที่จำเป็น

ในการประชุมผู้เชี่ยวชาญของ FAO/WHO ในเรื่องสารปรุงแต่งในอาหารได้กำหนดปริมาณทั้งหมดของฟอสฟอรัสในอาหารรวมถึงการเติมเข้าไปในรูปของส่วนผสมในอาหาร ซึ่งได้มาจากการทดลองความเป็นพิษของสารฟอสเฟต และการประมาณระดับที่ยอมรับได้ในอาหารมนุษย์ อีกทั้งยังนำระดับแคลเซียมและแร่ธาตุอื่นๆในอาหารที่มีผลกระทบต่อระดับที่มีผลต่อต้านมาซึ่งพิจารณาด้วย โดยระดับฟอสฟอรัสที่ควรได้รับจากอาหารทั้งหมดต้องน้อยกว่า 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในขณะที่ระดับฟอสฟอรัสที่ควรได้รับจากอาหารที่มีแคลเซียมสูงต้องอยู่ในช่วง 30 – 70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากการศึกษาโดยการให้อาหารสัตว์ พบว่า ปริมาณสารฟอสเฟตในอาหารที่ระดับร้อยละ 0.5 สัตว์จะมีความทนทาน โดยปราศจากผลต่อต้านทางสรีรวิทยา แต่ถ้าใช้ในระดับสูงกว่านี้จะทำให้เกิดผลต่อต้านทางเคมี ภายภาพ และสูญเสียการรับรสชาติ

2.4.2 คอลลาเจน

การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในประเทศไทยยังไม่นิยมใช้คอลลาเจนในรูปของผงสกัดเนื่องจากการสกัดคอลลาเจนถือเป็นการเพิ่มต้นทุนของผลิตภัณฑ์ จึงมักใช้คอลลาเจนในรูปของส่วนประกอบต่างๆของสัตว์เอง ได้แก่ หนัง กระดูกอ่อน เอ็น เป็นต้น ดังเช่นในผลิตภัณฑ์พื้นบ้านของไทย เช่น ไส้กรอกอีสาน แหนม ไส้ฉั่ว ที่มีการผสมส่วนของหนังสัตว์เพื่อทำให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่เหนียวนุ่ม และเกาะตัวตามที่ผู้บริโภคต้องการ

2.4.2.1 คุณสมบัติของคอลลาเจนในอาหาร

1. คอลลาเจนมีบทบาททำให้การอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ (water holding capacity) มีมากขึ้น เนื่องจากคอลลาเจนประกอบด้วยกรดอะมิโนต่อกันเป็นสายโซ่ยาวมีปลายด้านหนึ่งเป็นหมู่คาร์บอกซิล (C-terminal) และหมู่อะมิโน (N-terminal) ที่มีความเป็นประจุ ซึ่งสามารถจับน้ำที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อด้วยแรงดึงดูดไฮโดรเจน (hydrogen bond) ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และไม่มีน้ำซึมไหลออกจากเนื้อเมื่อเซลล์ถูกตัด หั่น หรือ บดละเอียด นอกจากนี้คอลลาเจนยังทำให้การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เมื่อได้รับความร้อน (cooking loss) ลดลง ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณน้ำที่อยู่ในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (expressible moisture) เพิ่มขึ้น

2. คอลลาเจนมีบทบาทในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื่องจากคอลลาเจนเป็นโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวและคงตัวมากขึ้น ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์บางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schilling และคณะ (2003) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสโดยอาศัยการจับตัวของโปรตีนแล้วทำการเปรียบเทียบแรงเฉือน (shear force) พบว่าการเติมคอลลาเจนในผลิตภัณฑ์แฮมที่ผลิตจากเนื้อ PSE จะช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น เนื่องจากคอลลาเจนจะปรับปรุงการเกาะตัวระหว่างโปรตีนกับโปรตีนของเนื้อสัตว์ที่มีการเสื่อมสภาพของโปรตีน แต่สำหรับแฮมที่ผลิตจากเนื้อคุณภาพดีนั้นโปรตีนจะมีการเกาะตัวที่ดียอยู่แล้ว ดังนั้นการเติมคอลลาเจนจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสมากนัก

3. คอลลาเจนมีผลทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์อ่อนลง เนื่องจากคอลลาเจนจะหดตัวเมื่อได้รับความร้อนทำให้ไม่สามารถห่อหุ้มเม็ดไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในการรับรสของอาหาร

4. คอลลาเจนสามารถลดการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ที่มีการแทนที่เนื้อแดงด้วยคอลลาเจน เนื่องจากในเนื้อแดงจะมีธาตุเหล็กองค์ประกอบอยู่ ซึ่งจะทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันและทำให้เกิดกลิ่นหืน ดังนั้นการแทนที่เนื้อแดงด้วยคอลลาเจน จึงถือเป็นการลดปริมาณธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์เกิดน้อยลง

5. คอลลาเจนมีผลต่อความคงตัวของอิมัลชันในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสามารถทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้โดยอาศัยคุณสมบัติของการเป็นสารช่วยการรวมตัว (binder) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อคอลลาเจนจับกับโมเลกุลของน้ำในระหว่างการสับผสม

สำหรับคุณสมบัติทางด้านคุณค่าโภชนาการของคอลลาเจน พบว่า มีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากคอลลาเจนไม่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย นั่นคือ ทริปโตเฟน และเมธไทโอนีน จึงทำให้คอลลาเจนมีคุณสมบัติเป็น incomplete protein นอกจากการนำคอลลาเจนมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้วยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น การผลิตเครื่องหนัง กาว และเครื่องสำอางได้อีกด้วย

2.4.2.2 การใช้คอลลาเจนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA; the U.S. department of agriculture) เป็นองค์กรที่มีหน้าที่ตรวจสอบและกำหนดปริมาณสารปนเปื้อนในผลิตผลจากการเกษตรของสหรัฐอเมริกา USDA กำหนดให้มีการใช้คอลลาเจนได้ในปริมาณที่ไม่เกินร้อยละ 3.0 – 3.5 ซึ่งเป็นปริมาณที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการปรับปรุงบทบาทของโปรตีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Schilling และคณะ, 2003) แต่ถ้าปริมาณมากกว่าร้อยละ 3.5 จะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ได้จะต้องระบุว่าเป็นผลิตภัณฑ์เทียม (imitation) นอกจากนี้ยังอาจทำให้เกิดปัญหา grease out ขึ้นในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการใช้คอลลาเจนจึงต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้เป็นสารเพิ่มน้ำหนักที่ดี (เขวาลักษณ์, 2536) ดังเช่นตารางที่ 2.2 กล่าวถึงการใช้คอลลาเจนเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณคอลลาเจนที่เหมาะสมต่อการใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณคอลลาเจนที่เหมาะสม	ผลของคอลลาเจนต่อผลิตภัณฑ์
แฟรงค์เฟอร์เทอร์	ร้อยละ 1 - 2	- มีการอุ้มน้ำที่ดีขึ้น โดยร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักจากการให้ความร้อน (cooking loss) และปริมาณน้ำที่แยกตัวจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (expressible moisture) ลดลง - เนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งทำให้เนื้อมีความคงตัวและยืดหยุ่นมากขึ้น ในขณะที่ความชุ่มน้ำลดลง
แฮม	ไม่เกินร้อยละ 3	- มีการอุ้มน้ำที่ดีขึ้น โดยร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักจากการให้ความร้อน (cooking loss) และปริมาณน้ำที่แยกตัวจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (expressible moisture) ลดลง - ปรับปรุงคุณภาพแฮมที่ผลิตจากเนื้อคุณภาพต่ำ

ที่มา : คัดแปลงจาก Meullenet และคณะ (1994), Schilling และคณะ (2003) และ Pradhu และคณะ (2004)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อิชยา และอุดมลักษณ์ (2536) ศึกษาภาวะในการผลิตเจลาตินจากเศษกระดูกไก่ โดยแช่กระดูกไก่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นเวลา 5 วัน เพื่อกำจัดแร่ธาตุในกระดูก จากนั้นทำการเตรียมการก่อนการสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นเวลา 10 ชั่วโมง แล้วทำการสกัดเจลาตินด้วยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 75 °ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมงแล้วจึงอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เจลาตินที่ได้มีค่าความแข็งแรงของเจลที่ดีและให้ผลผลิตสูง

ชาลินี (2548) ศึกษาภาวะที่เหมาะสมของการนำเศษกระดูกไก่มาผลิตเจลาติน พบว่า สภาวะการกำจัดแร่ธาตุ (deminceralization) ที่เหมาะสม คือ การใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 แช่กระดูกเป็นเวลา 5 วัน ทำให้กระดูกมีปริมาณแร่ธาตุเหลืออยู่เท่ากับร้อยละ 8.40 ± 2.10 (น้ำหนักกระดูกแห้ง) และในขั้นตอนการเตรียมกระดูกก่อนการสกัด (pretreatment) พบว่า การแช่กระดูกด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 2 เป็นเวลา 5 วันจะทำให้กระดูกมีน้ำหนักและปริมาตรเพิ่มขึ้น

เอกราช และคณะ (2545) ได้ศึกษาการสกัดแคลเซียมจากกระดูกไก่และทดลองนำไปใช้เสริมในอาหาร พบว่า การใช้สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 3 ที่อัตราส่วนของกระดูกต่อค่างอกส่วนเนื้อสัตว์ 1:1 จะทำให้ได้เจลาตินที่มีคุณภาพดีและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 1:3 และการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 ในอัตราส่วนของกระดูกต่อกรดเท่ากับ 1:1 สามารถสกัดแคลเซียมได้ร้อยละ 30.72 และเมื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งที่ระดับแคลเซียมร้อยละ 10, 20 และ 30 ตามลำดับ พบว่าทุกระดับของการเติมแคลเซียมมีการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ปกติที่ไม่มีการเติมแคลเซียม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

เศษกระดูกไก่สดบดละเอียด (chicken bones residue) แช่แข็ง ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท สหฟาร์ม จำกัด เป็นเศษกระดูกไก่ที่ผ่านการแยกเนื้อออกด้วยเครื่องแยกกระดูก (mechanical deboner) และทำการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C ตลอดเวลา ก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

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

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

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems, TA-XT2, England)

เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Innolab, pH Level I, Germany)

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Labomed, USA.)

เตาอบลมร้อน (Memmert, Germany)

เตาเผา (Carbolite Furnances, S302AU, England)

อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, Germany)

ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt, Germany)

เตาไฟฟ้า (Kando, Germany)

เครื่องปั่นผสมอาหาร (Turbora, TRK72, Thailand)

เครื่องอบแห้งแบบถาด (BWS, BWS-3, Thailand)

3.3 สารเคมี

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

กรดไฮโดรคลอริก (HCl)

Ammonium molybdate tetrahydrate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Ammonium metavanadate (NH_4VO_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ศึกษาสภาวะการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนออกจากเศษกระดูกไก่สด

3.4.1.1 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดแร่ธาตุจากเศษกระดูกไก่สด

การสกัดแร่ธาตุจากกระดูกไก่ ทำโดยนำเศษกระดูกไก่ 100 กรัม (1) ขึ้นตอนแสดงตามภาพที่ 3.1 มาแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 ที่อัตราส่วนกระดูกต่อสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเท่ากับ 1:3 (w/v) 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, spectrophotometric molybdovanadophosphate method (AOAC, 2000)

ส่วนเศษกระดูกที่เหลือ (5) นำมาล้างน้ำเพื่อให้หมดกรด และอบแห้งที่อุณหภูมิ 100°ซ เวลา 3-5 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์ความชื้นและเถ้า (AOAC, 1996) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (completely randomized design ; CRD) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11

3.4.1.2 ศึกษาวิธีการและเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่สด

นำเศษกระดูกที่แยกได้จากการแช่กรดตามเวลาที่เหมาะสมจาก 3.4.1.1 (5) มาศึกษาการสกัดโปรตีนคอลลาเจน โดยทำการ 2 ลักษณะ คือ การล้างน้ำ (6.1) และไม่ล้างน้ำ (6.2) เศษกระดูกก่อนนำมาแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 2 และ 3 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 10°ซ (7) จากนั้นศึกษาภาวะที่เหมาะสมโดยพิจารณาที่การฟองตัว และการนึ่งของกระดูก เมื่อแช่ต่างตามเวลากำหนด จากนั้นนำส่วนของน้ำแร่ธาตุและโปรตีนที่กรองได้จากข้อ 3.4.1.1 มาผสมกับเศษกระดูกที่แช่ NaOH แล้วทำการปรับค่าความเป็นกรดด่าง (8) ของส่วนผสมให้เป็นกลาง นำส่วนผสมกระดูกไก่มาบดละเอียดด้วย blender ที่ความเร็ว 8,000 rpm เป็นเวลา 2 นาที (9) แล้วกรอง (11) แยกเศษกระดูกที่เหลือออกจากน้ำแร่ธาตุและโปรตีน (12)

การศึกษาผลของการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากกระดูกไก่ทำได้โดยนำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl's method (AOAC, 1995) สารฟอสเฟตโดยวิธี AOAC Official method ที่ 958.1 phosphorus (total) in fertilizers, spectrophotometric molybdovanadophosphate method (AOAC, 2000) ที่มีอยู่ในสารสกัดที่ได้ การศึกษาภาวะที่เหมาะสมนี้ วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial in CRD) โดยปัจจัยหลักคือการล้างและไม่ล้างเศษกระดูกก่อนนำมาแช่ต่าง และปัจจัยรองคือระยะเวลาในการแช่ต่าง วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คัดเลือกภาวะที่ดีที่สุดของการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากกระดูกไก่เพื่อนำมาใช้ผลิตผงแร่ธาตุและโปรตีน โดยเตรียมส่วนผสมจากเศษกระดูกไก่ที่ศึกษาได้ในข้อ 3.4.1 (12) ที่มีปริมาณสารฟอสเฟตและโปรตีนสูงสุดมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ นาน 24 ชั่วโมง (13) นำมาบดและร่อนให้เป็นผงละเอียด แล้วเก็บรักษาในถุงปิดผนึกสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 °ซ ก่อนนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

3.4.1.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงแร่ธาตุและโปรตีนที่สกัดได้จากข้อ 3.4.1.2 โดยวิเคราะห์หาค่าความชื้น เถ้า เยื่อใย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ฟอสเฟต และเกลือโซเดียมคลอไรด์ รวมทั้งปริมาณผลผลิตของผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ได้จากกระดูกไก่สด

3.4.2 ศึกษาการใช้ประโยชน์ของผงแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่ในหมูยอและลูกชิ้น

3.4.2.1 ศึกษาปริมาณผงแร่ธาตุและโปรตีนที่เหมาะสมในหมูยอ

ใช้เนื้อหมูสันนอกส่วนเนื้อแดงล้วนบดละเอียด เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ โดยใช้สูตรดังจะกล่าวต่อมา และดำเนินการผลิตตามขั้นตอนวิธีทำ ซึ่งเติมผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ 3 ระดับ คือร้อยละ 0, 5 และ 10 ของน้ำหนักเนื้อหมูตามลำดับ วิเคราะห์ผล โดยการหาร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักผลิตภัณฑ์จากการให้ความร้อน (cooking loss) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อในรูปของ expressible moisture content ลักษณะเนื้อสัมผัสในรูปของค่าความแข็ง (hardness) และการจับติดของเนื้อ (cohesiveness)

การเตรียมหมูยอ (เขวาลักษณ์, 2547)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

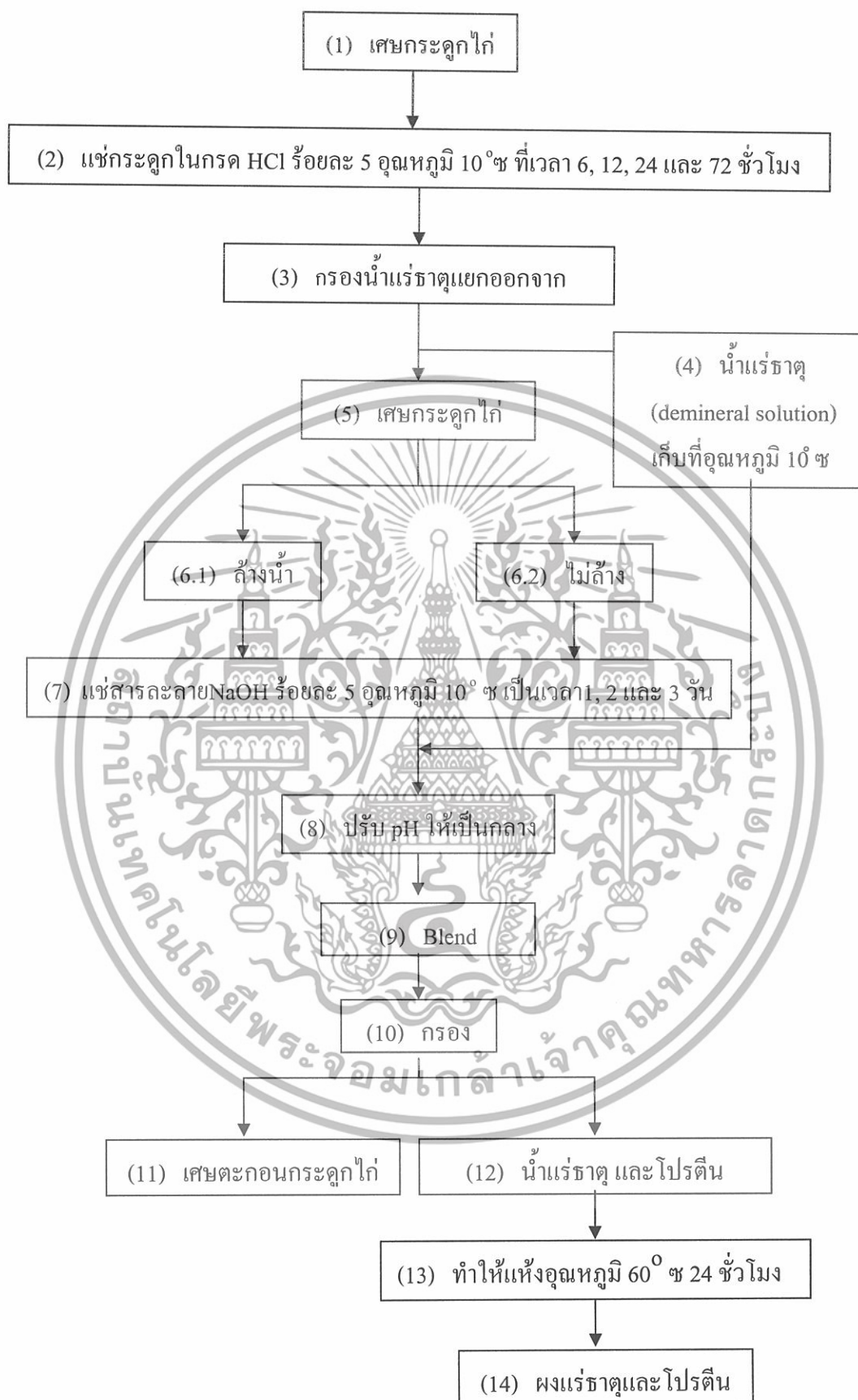
วิธีทำ

1. นำหมูมาล้างน้ำสะอาด และสะเด็ดไ้ให้พอดิบ หั่นเป็นชิ้นเล็กก่อนนำไปบดละเอียด 2 ครั้ง และนำไปแช่เย็นจัดที่อุณหภูมิ 2-5 °ซ
2. นำเนื้อบดใส่ลงในเครื่องบดผสม (หล่อเย็น) เติมเกลือ น้ำแข็ง 100 กรัม และบดผสม 2 นาที
3. เติมไข่ผง และมันแข็ง 160 กรัม รวมทั้งน้ำแข็งที่เหลือ และน้ำตาล ทำการบดผสม 2 นาที
4. เติมเครื่องเทศ และน้ำแร่ธาตุและโปรตีนผง แล้วจึงผสมต่ออีก 2 นาที จนเนื้อผสมเป็นมวลเหนียว
5. นำส่วนผสมที่ได้บรรจุใส่พิมพ์ที่รองด้วยถุงพลาสติกและปิดปากถุงให้แน่น
6. 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

ส่วนผสมของเนื้อที่บดได้นำไปปั่นเป็นลูกและทำให้สุกในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-95 °ซ เป็นเวลา 15 นาที วิเคราะห์ผลโดยการหาร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักผลิตภัณฑ์จากการให้ความร้อน (cooking loss) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อในรูปของ expressible moisture content และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เชิงพรรณนาหลังการทำให้สุก



ภาพที่ 3.1 : ขั้นตอนการสกัดแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาภาวะการแยกแร่ธาตุและโปรตีนที่เหมาะสมจากเศษกระดูกไก่สด

4.1.1 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดแร่ธาตุจากเศษกระดูกไก่สด

จากการศึกษาการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 แช่วกระดูกไก่เป็นระยะเวลา 6 - 72 ชั่วโมงเพื่อสกัดสารประกอบฟอสเฟต เมื่อพิจารณาจากปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่ในกระดูกไก่แสดงผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารฟอสเฟต (ร้อยละ) ที่สกัดได้ และปริมาณเถ้า (ร้อยละ) ที่เหลือในเศษกระดูกเมื่อแช่วกระดูกไก่ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก (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 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.1 การใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 แช่วกระดูกไก่เป็นระยะเวลา 6 - 72 ชั่วโมงเพื่อสกัดสารประกอบฟอสเฟต พบว่า ระยะเวลาในการแช่วกระดูกไก่ที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟอสเฟตที่สกัดได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และการแช่วกระดูกไก่ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง จะทำให้ปริมาณสารประกอบฟอสเฟตที่สกัดได้มีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 1 เนื่องจากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมฟอสเฟต [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] ซึ่งเป็นสาร อนินทรีย์ที่มีอยู่ในกระดูกให้กลายเป็น โมโนแคลเซียมฟอสเฟต [$\text{Ca}_3(\text{HPO}_4)_2$] และละลายออกมาจากกระดูกอยู่ในสารสกัด (ชาลินี, 2548)

เมื่อระยะเวลาในการแช่วกระดูกไก่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการลดลงของปริมาณเถ้าในกระดูกไก่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการแช่วกระดูกไก่ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมงจะมีปริมาณเถ้าเหลืออยู่น้อยที่สุด คือร้อยละ 5.49 ของน้ำหนักกระดูกแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระยะเวลาในการแช่ที่เหมาะสมควรเป็น 72 ชั่วโมง เนื่องจากสารฟอสเฟตที่สกัดออกมาได้มีปริมาณสูงที่สุด และมีปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่ในเศษกระดูกน้อยที่สุด

4.1.2 การศึกษาวิธีการและเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่สด

โดยนำเศษกระดูกและสารสกัดแร่ธาตุที่กรองได้จากการแช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 3 วัน มาใช้เพื่อการสกัดโปรตีนใน 2 ลักษณะ คือ ล้างน้ำและไม่ล้างน้ำก่อนแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 5 แล้วศึกษาถึงการฟองตัวของเศษกระดูกไก่ ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมา และสารฟอสเฟตที่สกัดออกมา ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณากรณีของการล้างน้ำและไม่ล้างน้ำเศษกระดูกก่อนการแช่ต่าง กระดูกที่ล้างน้ำจะมีการฟองตัวน้อยกว่ากระดูกที่ไม่ล้างน้ำ เนื่องจากการล้างน้ำก่อนการแช่ต่างทำให้ปริมาณต่างความเข้มข้นร้อยละ 5 มีปริมาณมากกว่าที่จะทำให้โมเลกุลของโปรตีนแตกตัว เกิดการไฮโดรไลซ์โปรตีน จึงมีผลต่อการทำให้กระดูกยุบ นิ่มละ และไม่เกิดการฟองตัว ในทางตรงกันข้าม การไม่ล้างน้ำเศษกระดูกไก่อ่อนการแช่ต่าง กระดูกจะเกิดการฟองตัวมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เป็นผลมาจากส่วนหนึ่งของด่างที่ใช้จะไปทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกในขั้นตอนการสกัดสารฟอสเฟต เกิดการสะเทินจนเป็นกลางให้อยู่ในรูปเกลือแกง (NaCl) ทำให้ความเข้มข้นด่างลดลง ด่างที่เหลือจะเข้าทำลายพันธะแวนเดอร์วาลส์ในโครงสร้างโปรตีนคอลลาเจน เป็นผลให้เกิดการคลายตัว และปริมาตรการฟองตัวของกระดูกเพิ่มขึ้น

ในขณะที่เมื่อล้างน้ำและไม่ล้างน้ำเศษกระดูกไก่อ่อนการแช่ต่างปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่วิธีการไม่ล้างน้ำก่อนแช่นั้นจะมีสารฟอสเฟตที่สกัดออกมามากกว่า ทั้งนี้ทั้งนั้นจะคำนึงถึงสารฟอสเฟตที่สกัดได้เป็นสำคัญจึงพิจารณาเลือกใช้การไม่ล้างน้ำก่อนแช่ต่าง

สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ต่างเมื่อจำนวนวันที่แช่เพิ่มมากขึ้น การฟองตัวของกระดูกจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำให้พันธะภายในโมเลกุลคอลลาเจนเกิดการแตกออกจากกัน โดยมีผลต่อแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals force) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้โครงสร้างที่เป็นเส้นใยคอลลาเจนเกิดความคงตัว (Styer, 1975) ดังนั้นจึงทำให้โครงสร้างที่เป็นเส้นใยของคอลลาเจนเกิดการคลายตัวออก โมเลกุลของน้ำจึงแทรกตัวเข้าไปภายในโมเลกุลของโทรโปคอลลาเจนและจับกับโมเลกุลของคอลลาเจนทำให้คอลลาเจนเกิดการฟองตัวจึงมีปริมาตรเพิ่มขึ้น (Ward and Courts, 1977) แต่เนื่องจากปริมาณโปรตีนและสารฟอสเฟตที่สกัดได้ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงพิจารณาเลือกใช้การแช่สารละลายต่าง 1 วันเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการสกัด โดยกระดูกที่ไม่ล้างน้ำก่อนนำไปแช่ต่างเป็นเวลา 1 วันจะสามารถสกัดสารฟอสเฟตได้สูงถึงร้อยละ 1.23 และโปรตีนร้อยละ 1.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของวิธีการแช่ และเวลาที่เหมาะสมในการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 5 แช่เพื่อสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่

วิธีการ	เวลา (วัน)	การพองตัวของกระดูก (มิลลิเมตร)	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 : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงแร่ธาตุและโปรตีนสกัดจากเศษกระดูกไก่

ผงแร่ธาตุและโปรตีนจากเศษกระดูกไก่ที่เตรียม โดยการแช่ในสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 3 วัน และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 วัน ปั่นส่วนผสมที่สกัดรวมกันและทำให้เป็นผงแร่ธาตุและโปรตีน ซึ่งมีปริมาณผลผลิตเป็นร้อยละ 48.26 ของน้ำหนักกระดูกสด และมีองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 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 แสดงปริมาณ โดยน้ำหนักฐานแห้ง แต่ปริมาณฟอสเฟตเป็นปริมาณ โดยน้ำหนักฐานเปียก

4.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์ของผงแร่ธาตุ และโปรตีนจากเศษกระดูกไก่ในหมูยอและลูกชิ้น

4.2.1 การศึกษาผลของผงแร่ธาตุและโปรตีนต่อการปรับปรุงคุณภาพของหมูยอ

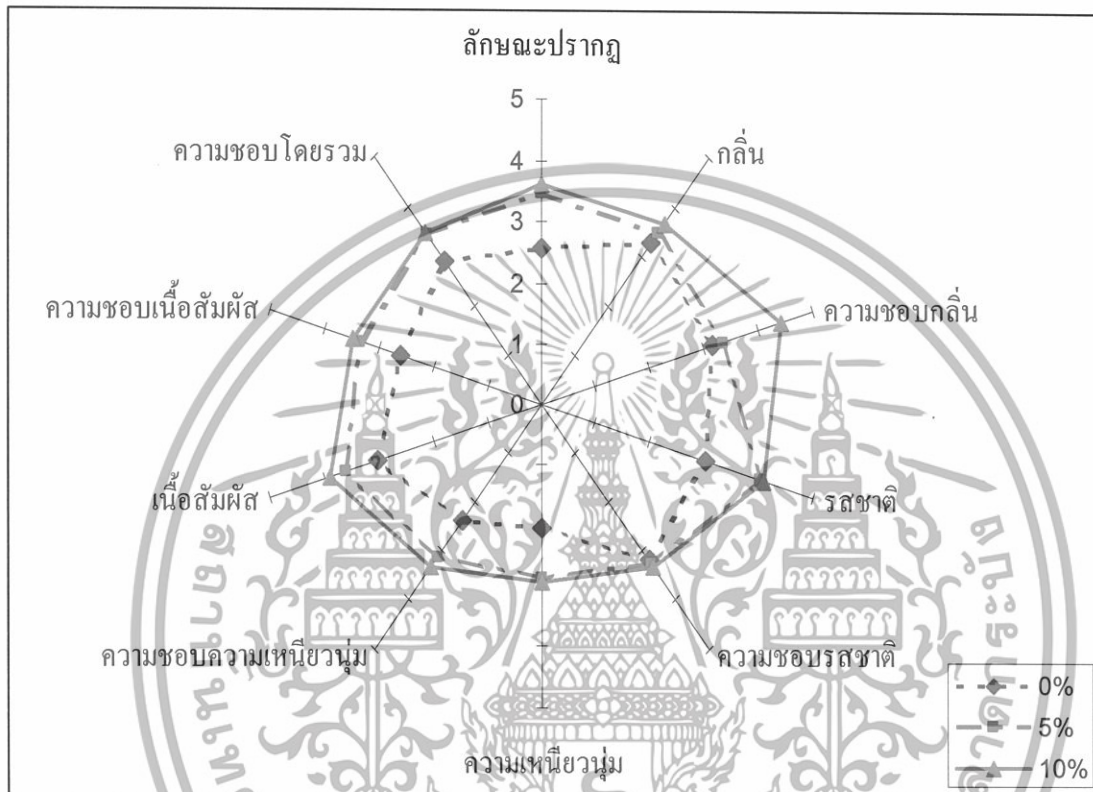
จากการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของหมูยอที่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5 และ 10 ดังแสดงผลในตาราง 4.4 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณผงแร่ธาตุและโปรตีนมากขึ้น มีผลทำให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการให้ความร้อนซึ่งอยู่ในรูปของน้ำอิสระ (free water) ลดลง ในขณะที่ปริมาณน้ำที่จับอยู่ในโครงสร้างของหมูยอ หรือ Expressible moisture มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงว่าหมูยอสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากสารฟอสเฟตในผงแร่ธาตุและโปรตีน นอกจากนี้สารฟอสเฟตยังช่วยทำให้การจับติด (cohesiveness) ของหมูยอดีขึ้น ส่งผลให้ความแข็ง (hardness) ของหมูยอเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับหมูยอที่ไม่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีน (ร้อยละ 0)

การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ของหมูยอ พบว่าการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนในหมูยอ 3 ระดับ ดังแสดงผลในภาพที่ 4.1 เมื่อใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนร้อยละ 5 คุณลักษณะเกือบทุกค่ามีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านรสชาติคะแนนจะเพิ่มจาก 3.0365 เป็น 4.0255 และความชอบโดยรวมจะมีคะแนนสูงขึ้นจาก 2.9055 เป็น 3.4425 แต่เมื่อใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10 จะไม่ทำให้คุณลักษณะต่างๆ มี

เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบของผงแร่ธาตุและโปรตีนที่มีต่อคุณภาพของหมูยอและลูกชิ้น เมื่อผู้จัดทำเห็นชอบเรียบร้อยแล้ว กรุณาติดต่อผู้จัดทำที่ห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทร. 02-329-1000 หรือ 02-329-1001

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังภาพที่ 4.1 แสดงว่าผงแร่ธาตุและ โปรตีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ไม่ทำให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ มากกว่าผงแร่ธาตุและ โปรตีนร้อยละ 5 แต่กลับทำให้รสชาติเค็มจัดเกินไป ดังนั้นจึงเลือกใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนปริมาณร้อยละ 5 เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.1 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของหมูยอที่เติมผงแร่ธาตุและ โปรตีนในปริมาณแตกต่างกัน โดยแสดงผลในรูปกราฟใยแมงมุม

หมายเหตุ : ข้อมูลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในภาคผนวก ก.

การใช้ผงแร่ธาตุและ โปรตีนปริมาณร้อยละ 10 เป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์หมูยอมีรสชาติเค็มจัด ทั้งนี้เนื่องจากจะมีเกลือแกง (NaCl) เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาสะเทินของกรดในขั้นตอนการสกัดสารฟอสเฟต และค้างในขั้นตอนการสกัดโปรตีนคอลลาเจน ดังสมการ

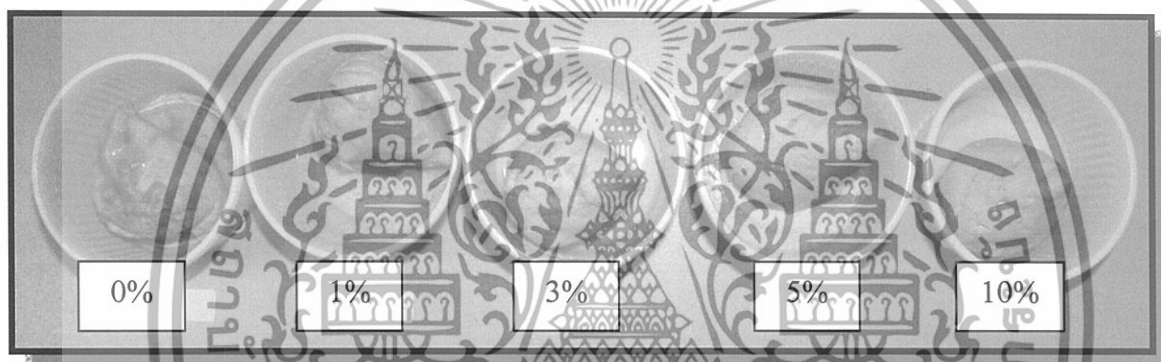


และเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณ NaCl พบว่ามีเกลือแกงสูงถึงร้อยละ 5.76 ซึ่งเป็นผลดีสำหรับการนำผงแร่ธาตุและ โปรตีนไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โดยไม่ต้องเติมเกลือ จึงมีการนำไปทดลองใช้ผงแร่ธาตุและ โปรตีนในลูกชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาปริมาณผงแร่ธาตุและโปรตีนที่เหมาะสมในลูกชิ้น

จากการทดลองข้อ 4.2.1 พบว่าการใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนร้อยละ 10 ทำให้หมูยอมีรสเค็มจัดเกินไป จึงทำการทดลองเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของผงแร่ธาตุและโปรตีนเพียงอย่างเดียวในการทำลูกชิ้นซึ่งมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ที่ระดับความเข้มข้น คือร้อยละ 0, 1, 3, 5 และ 10 ตามลำดับ พบว่า เมื่อความเข้มข้นของผงแร่ธาตุและโปรตีนสูงขึ้น การสูญเสียเนื่องจากความร้อน (cooking loss) จะมีค่าลดลง แสดงผลดังภาพที่ 4.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าลูกชิ้นที่ไม่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีนจะมีน้ำแยกตัวออกมาจากลูกชิ้นมาก และเมื่อเติมผงแร่ธาตุและโปรตีนเพิ่มมากขึ้น ร้อยละ 1 - 10 ปริมาณน้ำที่แยกออกมาจะลดลงตามลำดับจากร้อยละ 21.23 เหลือเพียงร้อยละ 11.22 (ผลแสดงตามตารางที่ 4.5)



ภาพที่ 4.2 ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการให้ความร้อนของลูกชิ้นที่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีนในระดับแตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.5 การใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนในลูกชิ้นจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการให้ความร้อนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์กลับมีปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในโครงสร้างมากขึ้น เนื่องจากค่า expressible moisture content จะเพิ่มขึ้นตามลำดับตามความเข้มข้นของผงแร่ธาตุและโปรตีนที่เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะปรากฏของลูกชิ้นดีขึ้นตามลำดับ จากเนื้อสัมผัสที่หยาบ ร่วน ไม่เกาะกันเป็นก้อน รสชาติจัด เหม็นคาวจัด สีน้ำตาลเข้มเมื่อไม่ได้เติมผงแร่ธาตุและโปรตีน และลักษณะเนื้อจะมีความละเอียด เนียน ไม่ร่วน จับตัวเกาะกันเป็นก้อนเหนียว มีความหยุ่น ไม่มีกลิ่นคาว เป็นผลมาจากผงแร่ธาตุและโปรตีนที่เติมมีบทบาทในการเป็นสารช่วยในการเกาะตัว (binder) อีกทั้งสารประกอบฟอสเฟตช่วยให้โมเลกุลเนื้อยึดเกาะกันได้ดี เนื่องจากโพลีฟอสเฟตจะทำให้ actomyosin complex แยกตัวออกจากกัน โปรตีนไมโอซินจึงถูกละลายออกมามากเมื่อสกัดด้วยเกลือและฟอสเฟต ซึ่งมีบทบาทต่อการรวมตัวกันในระหว่างการสับผสม ทำให้เนื้อมีความเหนียวและยืดหยุ่นดีขึ้น (เขวาลักษณ์, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน บนแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. เวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดแร่ธาตุจากเศษกระดูกไก่สด คือ การแช่เศษกระดูกไก่ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จะทำให้สามารถสกัดสารฟอสเฟตออกจากเศษกระดูกไก่ได้เท่ากับร้อยละ 1.00 ± 0.007 และมีปริมาณเถ้าเหลืออยู่ในเศษกระดูกเท่ากับร้อยละ 5.49 ± 0.72 (น้ำหนักกระดูกแห้ง)

2. วิธีการและเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดโปรตีนจากเศษกระดูกไก่สด คือ การไม่ล้างน้ำก่อนการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 วัน ซึ่งทำให้กระดูกไก่มีการพองตัวเท่ากับ 370 ± 14.14 มิลลิลิตร ปริมาณโปรตีนที่ละลายออกมาเท่ากับ ร้อยละ 1.21 ± 0.07 และปริมาณสารฟอสเฟตที่สกัดได้เท่ากับร้อยละ 1.23 ± 0.06

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

4. เมื่อนำผงแร่ธาตุและโปรตีนมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพหมุย พบว่า การใช้ผงแร่ธาตุและโปรตีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 จะทำให้หมุยมีปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการให้ความร้อน (cooking loss) เท่ากับร้อยละ 16.39 ± 0.03 ปริมาณน้ำที่จับอยู่ในโครงสร้าง (expressible moisture) เท่ากับ 17.55 ± 1.27 ตร.ซม. ค่าความแข็ง (hardness) เท่ากับ 48.43 ± 1.84 นิวตัน ค่าการจับติด (cohesiveness) เท่ากับ $3.37 \pm 1.42 \times 10^{-4}$ และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม เท่ากับ 4.0255 ± 0.45 และ 3.4405 ± 0.65 ตามลำดับ

5. ปริมาณผงแร่ธาตุและโปรตีนที่เหมาะสมในลูกชิ้นมีความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 5 จะทำให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการให้ความร้อนเท่ากับร้อยละ 10.27 ± 1.59 ปริมาณน้ำที่จับอยู่ในโครงสร้าง เท่ากับ 14.94 ± 1.11 ตร.ซม. และมีคุณลักษณะที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. สารฟอสเฟตที่สกัดได้ในผงแร่ธาตุและ โปรตีน เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในกระดูกไก่ตามธรรมชาติ จึงน่าจะปลอดภัยต่อการบริโภคมากกว่าสารฟอสเฟตที่ใช้ในอุตสาหกรรม
2. เกลือแกงที่เกิดขึ้นในผงแร่ธาตุและ โปรตีนเป็นตัวจำกัดปริมาณการใช้ในผลิตภัณฑ์นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปริมาณสารฟอสเฟตมีอยู่ในผงแร่ธาตุและ โปรตีนให้อยู่ในปริมาณที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ได้ ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ซึ่งเท่ากับร้อยละ 0.3
3. การใช้ผงแร่ธาตุและ โปรตีนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 สามารถลดปริมาณเกลือในสูตรลงได้
4. เกลือแกงที่อยู่ในผงแร่ธาตุและ โปรตีนยังช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้นุ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยรักษาสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Allingham,2006)
5. การเก็บรักษาผงแร่ธาตุและ โปรตีนควรเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง และเก็บภาชนะปิดสนิทเพื่อป้องกันความชื้น และการเสื่อมเสียรวมทั้งชะลอการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ชาลินี ศรีนิมน์นวล. 2548. **สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเจลาตินจากกระดูกไก่**. วิทยานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- พันทวี มาไพโรจน์. 2531. **เนื้อเยื่อสัตว์**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 87น.
- พรเพ็ญ บุญสิน. 2542. **การใช้ฟอสเฟตในอาหารทะเล**. สัมมนาปริญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- มาณิสสา โชติสกุลรัตน์. 2548. **การใช้คอลลาเจนปรับปรุงผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์**. สัมมนาปริญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิชัย. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์**. เค.ยู.เพดส. กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 2
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิชัย. 2547. **บทปฏิบัติการวิชาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์**. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 13 น.
- สิรินทร์ จิโมกสนนท์, เจมส์ เอ. โฮตัน, บงกช บุทรวงศ์, สุวิทย์ เพียรกิจกรรม, สกน พันธุ์อัม และมนตรี จุฬวัฒน์ทล. 2523. **ชีวนเคมี**. ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ. 582น.
- อิชยา ภูธนกิจ และอุดมลักษณ์ ภักดิ์ศิษย์. 2536. **การสกัดเจลาตินจากเศษกระดูกไก่**. ปัญหาพิเศษ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- เอกราช เกตวัลย์, พงศธร สังข์เผือก, ประไพศรี สิริจักรวาล และวิสิฐ จະวะสิต. 2545. **การสกัดแคลเซียมจากกระดูกไก่และการทดลองใช้เสริมในอาหาร**. *Journal of The National Research Council of Thailand*. 34(2): 163-180 p.
- อำนาจ ขอบแสง 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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Benedict, RC. 1987. Determination of nitrogen and protein content of meat and meat products. **Journal 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. **Journal 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 electrophoretic characteristics 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. San Francisco. 877 p.
- Ward, A.C. and Courts, A. 1977. **The science and technology of gelatin**. Academic Press, London. 546 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

1.1 ออบภาชนะสำหรับหาความชื้น (Aluminum can) ในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

1.2 ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 °ซ เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 กรัม

การคำนวณ

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

2. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 1995)

2.1 เผาด้วยกระเบื้องเคลือบ (crucible) ในเตาเผา (furnance) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ เป็นเวลา 3 ชม. ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 45-60 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2.2 เผาซ้ำอีกครั้ง ครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 2.1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

2.3 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปตั้งบน hot plate ในตู้ดูดควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 550 °ซ และกระทำเช่นเดียวกันกับข้อ 2.1 – 2.2

การคำนวณ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ใช้วิธี Kjeldahl's method (AOAC, 1995)

อุปกรณ์

1. เครื่องย่อยโปรตีนของ Gerhardt รุ่น KB-8S
2. เครื่อง Distillation Unit รุ่น Vapodest 30
3. หลอดย่อยโปรตีน ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ลูกแก้ว(boiling chip)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.05 นอร์มัล
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 40
4. สารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 2
5. สารเร่งปฏิกิริยาใช้คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) 1 ส่วน ต่อกโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน
6. เมทิลเรดอินดิเคเตอร์ (methyl red indicator) และมิกซ์อินดิเคเตอร์ (mix indicator)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ลงในหลอดย่อยโปรตีน
2. ใส่ลูกแก้ว(boiling chip) 3 เม็ด
3. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 10 กรัม (2 เม็ด) และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร
4. นำหลอดย่อยโปรตีน ไปวางบนเครื่องย่อยโปรตีนที่อยู่ในตู้ดูดควัน แล้วเปิดเครื่องตั้งอุณหภูมิในช่วง 15 นาทีแรกที่ 275°C หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น $380-385^\circ\text{C}$ ทิ้งไว้ประมาณ 2-3 ชม. (ขึ้นกับปริมาณโปรตีนในตัวอย่างอาหาร) จนสารละลายมีสีฟ้าใส จึงปิดเครื่อง ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาทีเพื่อให้เครื่องดูดควันไปจนหมด และหลอดย่อยโปรตีนมีอุณหภูมิต่ำลง
5. นำหลอดย่อยโปรตีนมากลับด้วยเครื่อง Distillation Unit ตามโปรแกรมที่เหมาะสม (เครื่องจะตั้งโปรแกรมไว้แล้ว)
6. นำขวดรูปชมพู่ที่เติมกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 50-60 มิลลิลิตร และเติมมิกซ์อินดิเคเตอร์ 2-3 หยดแล้วไปรอรับก๊าซแอมโมเนีย เพื่อให้กรดจับก๊าซแอมโมเนียไว้
7. นำสารละลายไปไทเทรตด้วยสารละลาย HCl 0.05 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีชมพูอมม่วง
8. ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 1- 7 โดยใช้ น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน(ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{factor} \times 100}{W \times 1000}$$

โดยที่

- a = ปริมาณของสารละลาย HCl ที่ใช้เป็น มิลลิลิตร
 b = ปริมาณของสารละลาย HCl ที่ใช้กับ blank เป็น มิลลิลิตร
 N = ความเข้มข้นของสารละลาย HCl เป็นนอร์มอล
 W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม
 Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 5.46
 (น้ำหนักกรัมสมมูลของไนโตรเจน = 14.007)



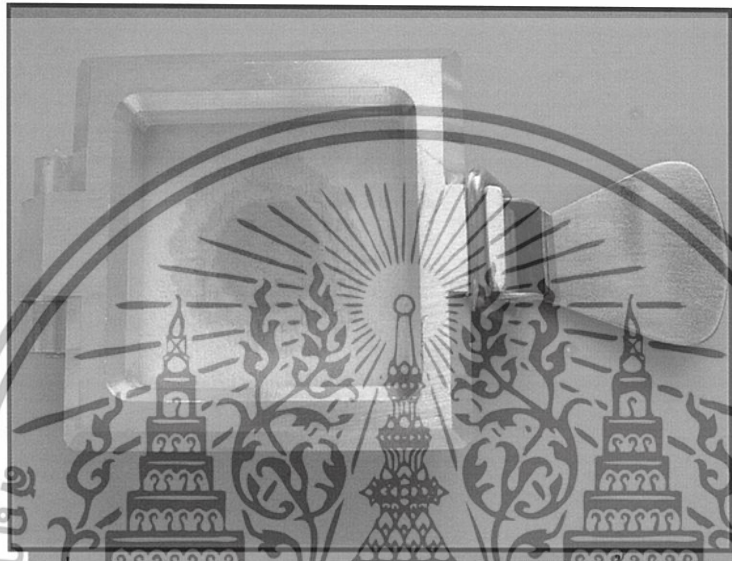
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การหาปริมาณน้ำที่จับอยู่ใน โครงสร้าง (expressible moisture content) (Offer and Knight. 1988)
 - 1.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 0.3 กรัม วางลงบนกระดาษกรอง Schleicher&Schuell เบอร์ 1117
Zuschnitte/Cuts 60x60 mm 50 Stuck/pieces
 - 1.2 ใช้เครื่อง expressible moisture (ภาพที่ 1) กดทับเป็นเวลา 10 นาที
 - 1.3 วัดพื้นที่ของน้ำที่แยกตัวออกมาบนกระดาษกรองด้วยเครื่อง planimeter



ภาพที่ 1 เครื่องมือใช้วัดค่า expressible moisture ในตัวอย่างเนื้อสัตว์บดละเอียด

2. การหาปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากกระบวนการให้ความร้อน (Cooking loss) (เขาวัดเกษม, 2547)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90-95 °ซ เพื่อใช้ในการ
คำนวณหาการสูญเสียเนื่องจากการให้ความร้อน ดังสูตร

$$\% \text{ cooking loss} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนต้ม} - \text{น้ำหนักหลังต้ม}}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม}} \times 100$$

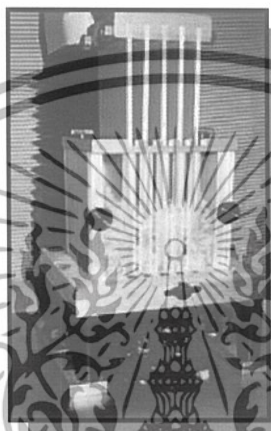
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



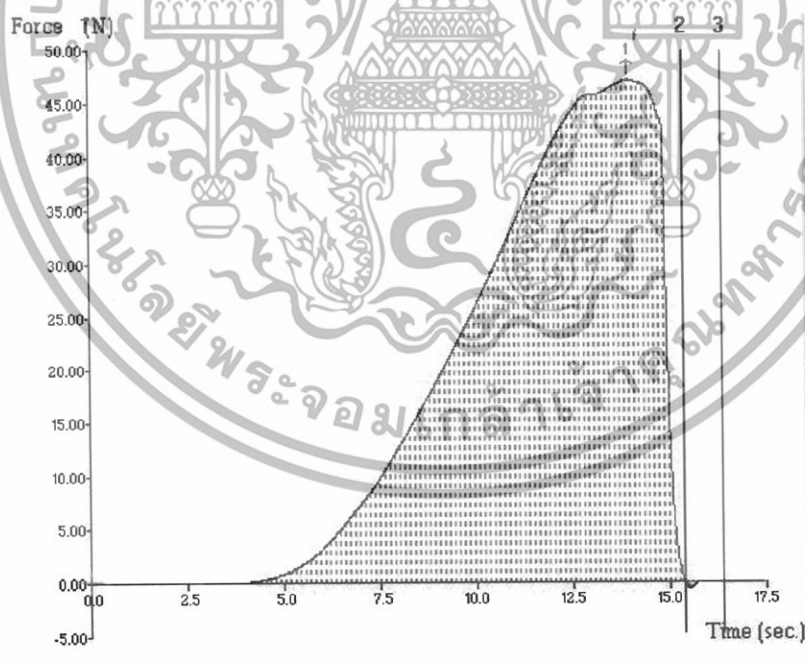
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

ตัดตัวอย่างเป็นรูปทรงกระบอกสูง 2 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แล้ววัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-HDi หัว Kramer Shear Cell โดยการใช้ 5 กิโลกรัม load cell และกำหนดระยะเวลาการกดทับเป็นร้อยละ 50 ของความสูงหมวย มี crosshead speed เท่ากับ 1 มิลลิเมตร/วินาที กดทับค้างไว้ 5 วินาที แรงสูงสุดที่ไว้ได้คือค่าความแข็ง(hardness) (นิวตัน) ของตัวอย่าง และอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งที่ 2 ต่อครั้งที่ 1 จะเท่ากับค่าการจับติด (cohesiveness)



ภาพที่ 2 แสดงเครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-HDi หัว Kramer Shear Cell



ภาพที่ 3 กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-HDi หัว Kramer Shear Cell

หมายเหตุ หมายเลข 1 (สีแดง) คือ แรงสูงสุดหรือค่าความแข็ง (นิวตัน)

หมายเลข 1 ถึง 2 (สีดำ) คือ พื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งที่ 1 (ตร.ซม.)

หมายเลข 2 ถึง 3 (สีดำ) คือ พื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งที่ 2 (ตร.ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิธีทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

ทำโดยใช้ 5-point Hedonic scale ใช้นักศึกษาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรจำนวน 20 คน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อทดสอบลักษณะปรากฏ กลิ่น ความชอบกลิ่น รสชาติ ความชอบรสชาติ ความเหนียวนุ่ม ความชอบความเหนียวนุ่ม เนื้อสัมผัส ความชอบเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมุยที่เติมผงแร่ธาตุและโปรตีนในปริมาณแตกต่างกัน

ปัจจัยการทดสอบทางประสาทสัมผัส	ปริมาณผงแร่ธาตุและโปรตีน (%)		
	0	5	10
ลักษณะปรากฏ	2.5620 ± 0.90 ^a	3.4430 ± 0.59 ^b	3.6160 ± 0.73 ^b
กลิ่น	3.2590 ± 0.66 ^a	3.4935 ± 0.74 ^a	3.6770 ± 0.76 ^a
ความชอบกลิ่น	3.1500 ± 0.89 ^a	3.3245 ± 0.74 ^a	4.4050 ± 0.84 ^a
รสชาติ	3.0365 ± 0.79 ^a	4.0255 ± 0.45 ^b	4.0735 ± 0.63 ^b
ความชอบรสชาติ	3.1650 ± 0.96 ^a	3.2370 ± 0.89 ^a	3.2980 ± 0.91 ^a
ความเหนียวนุ่ม	2.0510 ± 0.84 ^a	2.8755 ± 0.69 ^b	2.9380 ± 0.76 ^b
ความชอบความเหนียวนุ่ม	2.3625 ± 0.76 ^a	3.1225 ± 0.77 ^b	3.2885 ± 0.81 ^b
เนื้อสัมผัส	3.0110 ± 1.05 ^a	3.6155 ± 0.81 ^b	3.8770 ± 0.68 ^b
ความชอบเนื้อสัมผัส	2.5785 ± 0.76 ^a	3.3280 ± 0.72 ^b	3.4960 ± 0.86 ^b
ความชอบโดยรวม	2.9055 ± 0.82 ^a	3.4405 ± 0.65 ^b	3.4545 ± 0.70 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

น.ส. ชนรรักษ์ สัมฤทธิ์ผล เกิดวันที่ 19 ธันวาคม 2526 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) เมื่อปี พ.ศ. 2544 และศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ในปี พ.ศ. 2545 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548

น.ส. ภัทรพร ใหม่อ่อง เกิดวันที่ 7 ตุลาคม 2526 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนสายน้ำผึ้ง เมื่อปี พ.ศ. 2544 และศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ในปี พ.ศ. 2545 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548

น.ส. มาณิสสา โชติสกุลรัตน์ เกิดวันที่ 25 พฤษภาคม 2527 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนมาแตร์ เดอี วิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2544 และศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ในปี พ.ศ. 2545 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้